

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh manipulačního zařízení kapot lokomotiv

Design of Handling Equipment of Loco Cabs

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Milan Mareš
doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: Bc. Milan Mareš
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 30 Zemní a stavební stroje
Téma: Návrh manipulačního zařízení kapot lokomotiv
Design of Handling Equipment of Loco Cabs

Zásady pro vypracování:

Navrhněte manipulační zařízení pro manipulaci s rámy kapot v souladu s požadavky ČSN EN ISO 3834 (odstranění svarů v provedení „nad hlavou“) při dodržení certifikační úrovně CL1 – CL 4 dle EN 15 085-2. Provedení s mechanickým, magnetickým nebo hydraulickým upínáním nebo jejich kombinacemi. Polohování mechanické, elektrické, pneumatické nebo hydraulické, popř. jejich kombinace. Porovnat možnost použití, uvést případné úpravy pro užití polohovadla v případě původních konstrukcí rámu kapot a v případě použití upravených dle možného návrhu technologičnosti konstrukce. Výkresová dokumentace by měla být v rozsahu 2x A0 (popřípadě jejich ekvivalent). Práce by měla být v rozsahu min. 40 stran textu. Bližší specifikace provozních podmínek a parametrů určí zadavatel CZLOKO, a.s.

Seznam doporučené odborné literatury:

- JEŘÁBEK K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.
LEINVERT, J. - ŘASA, J. - VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia, Praha, 1999. ISBN 80-7183-164-6
KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře - části spojovací*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1290-8
SILBERNAGEL, A. *Nauka o materiálu - praktikum navrhování tvářených ocelí pro konstrukce, strojní součásti a nástroje*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, Ostrava, 1998. 145 str. ISBN 80-7078-994-8.
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010

Kovář

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



Farana

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Vypracoval:

Milan Mareš SN2KIZ01

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

VŠB-TU Ostrava

Akademický rok:

2009/2010

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Konzultant:

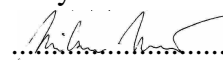
Ing. Miroslav Faltys

CZ LOKO a.s. Česká Třebová

Prohlášení diplomanta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a konzultanta. Uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne: 20.5.2010



Milan Mareš

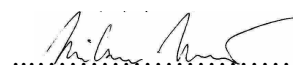
Prohlášení diplomanta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Souhlasím s tím, že s výsledky mé diplomové práce může být naloženo dle uvážení vedoucího diplomové práce jako jejího spoluautora a doporučení vedoucího katedry. V případě publikace výsledků nebo její významné části budu uveden jako spoluautor.

Dále prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.
- souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne: 20.5.2010



Milan Mareš

Adresa trvalého bydliště diplomanta:

Milan Mareš

Grégrova 110

Česká Třebová 56003

Anotace diplomové práce

Bc. MAREŠ, M. *Návrh manipulačního zařízení kapot lokomotiv.*

Ostrava: kat. 340 VŠB-TUO, 2010, Diplomová práce, vedoucí: doc. Ing. Fries Jiří, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá řešením manipulačního zařízení pro výrobu kapot lokomotiv. Firma požaduje řešení zdvihu, ovládání, upínání svařovaných rámců kapot lokomotiv a návrh odsávacího zařízení.

Diplomová práce ve třetí kapitole obsahuje řešení zdvihu pomocí hydraulických prvků a jejich ovládání v kapitole čtvrté. Další kapitola se zabývá konstrukčním provedením a potřebnými výpočty.

Součástí práce je i návrh centrálního odsávacího zařízení a varianty upínání svařovaných rámců lokomotiv na manipulační zařízení.

Závěr vyhodnocuje navržené řešení. Příložená je výkresová dokumentace a 3D model manipulačního zařízení kapot lokomotiv.

Annotation thesis

Bc. MAREŠ, M. *Design of Handling Equipment of Loco Cabs.*

Ostrava: department 340, Technical University of Ostrava, 2010, Graduation thesis,

head: doc. Ing. Fries Jiří, Ph.D.

The dissertation is engaged in solution of handling equipment for production of loco cabs. The firm claims solution of upstroke, control, clamping method of welded frames of loco cabs and design of dust exhausting plant.

Graduation theses in the third chapter contain solution of upstroke by hydraulic components and their control in the chapter number four. The next chapter deals with the design and the necessary calculations.

The work also includes design of central exhausting plant and variant of clamping welded frames of loco cabs on handling equipment.

Conclusion evaluates proposed solutions. Drawings and 3D model of handling equipment of loco cabs are attached.

OBSAH

Úvodní strana	1
Oficiální zadání diplomové práce	2
Prohlášení	5
Anotace	6
Obsah	7
Seznam použitých značení	8
1 Úvod	9
2 Popis výroby a praktický účel diplomové práce	10
2.1 Přesné zadání diplomové práce	13
2.2 Definování pohybu manipulačního zařízení	15
2.3 Výběr mechanismu pohybu	16
2.4 Výpočet maximální síly	17
3 Řešení pohybu hydraulickým mechanismem	18
4 Ovládací panel manipulačního zařízení	28
5 Konstrukce šachty a potřebné pevnostní výpočty	31
6 Upevňování svařenců na pracovní desku	37
6.1 Varianta A – upevnění pomocí svarových stehů	37
6.2 Varianta B – upevnění pomocí mechanických upínek a čepů	38
7 Konstrukce a vyztužení svařovací desky	40
8 Návrh pro odsávací zařízení	43
9 Náklady a cena pořízení manipulačního zařízení	45
10 Bezpečnostní pro provoz a práci s manipulačním zařízením	47
11 Závěr a zhodnocení	48
Seznam použité literatury	50
Seznam příloh	52

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČENÍ:

F_r	Síla od rámu	[N]
F_{os}	Síla od osoby	[N]
F_{hm}	Síla od hydromotoru	[N]
J_x, J_y	Moment setrvačnosti průřezu osový	[mm ⁴]
M_o	Ohybový moment	[N.m]
P_H	Jmenovitý tlak hydromotoru	[MPa]
Q_{hm}	Objemový průtok hydromotoru	[dm ³ .m ⁻¹]
Q_{hg}	Objemový průtok hydrogenerátoru	[dm ³ .m ⁻¹]
R_e	Mez v kluzu v tahu materiálu	[MPa]
S	Průřez	[mm ²]
S_{sv}	Průřez svaru	[mm ²]
V	Objem	[dm ³]
V_g	Geometrický objem	[cm ³ .ot ⁻¹]
W_o	Modul odporu průřezu v ohybu	[mm ³]
a	Velikost svaru	[mm]
d, D	Průměr	[mm]
k_s, k_{bz}	Součinitel bezpečnosti	[-]
m	Hmotnost	[kg]
m_{vyz}	Hmotnost výztuhy	[kg]
m_d	Hmotnost desky	[kg]
m_{os}	Hmotnost osoby	[kg]
m_r	Hmotnost rámu	[kg]
g	Tíhové zrychlení	[m.s ⁻²]
l	Délka	[mm]
p	Tlak	[MPa]
v	Rychlost	[m.s ⁻¹]
z	Zdvih	[mm]
α, φ	Úhel	[°]
β	Součinitel tloušťky koutového svaru	[-]
σ	Normálové napětí	[MPa]
τ	Smykové napětí	[MPa]

1 Úvod

Vývoj a výroba zcela nových lokomotiv je velmi nákladná. Díky tomuto faktu se řada firem zabývá opravami, repasemi a modernizací starých lokomotiv. Jednou z těchto firem je i firma CZ LOKO a.s. Při modernizacích dochází k úplnému rozebrání a opravě rámců těchto mašin. Jelikož se technický vývoj stále zdokonaluje, tak dochází k novým částem konstrukcí a lokomotiva již nebývá v původním stavu, ale lehce modernizována. Díky tomuto dochází ke změnám komponent, a tudíž dochází i ke změnám rámců kapot. Při těchto úpravách je nutné vyrobit svařované rámy zcela nové konstrukce, které se později použijí na opravený podvozek staré lokomotivy. Manipulace s těmito rámy je však relativně složitá, protože je třeba rámy postupně svařovat a manipulovat s nimi. Celková hmotnost rámců je přitom velká, pohybuje se ve stovkách kilogramů. Další důležitou věcí jsou evropské normy svařování, které dnes nedovolují tzv. „svařování nad hlavou“. Úkolem diplomové práce je návrh manipulačního zařízení pro výrobu svařených rámců těchto lokomotiv, které bude umožňovat pohyb a zvedání při svařování.

Firma CZ LOKO a.s. projevila zájem o navržení takového manipulačního zařízení v rámci diplomové práce.

Cíle diplomové práce

- 1) provést analýzu možných systémů pohybu manipulačního zařízení
- 2) navrhnout konstrukční řešení manipulačního zařízení na základě podkladů firmy CZ LOKO a.s.
- 3) zkontrolovat a navrhnout systém manipulace včetně potřebných výpočtů daného řešení
- 4) navrhnout systém upínání svařovaných rámců
- 5) navrhnout odsávací systém při svařování
- 6) vytvořit zprávu o celkové ceně daného zařízení
- 7) vymodelovat návrh zařízení v 3D rozměru
- 8) zpracovat výkresovou dokumentaci v rozsahu výkresu sestavy a dílenských výkresů

2 Popis výroby a praktický účel diplomové práce

Firma CZ LOKO a.s. se zabývá opravami, renovacemi a modernizacemi především dieselových lokomotiv všech velikostí. Především od Českých drah a různých jiných dopravců vykupuje staré vyřazené mašiny za zlomkovou cenu jejich původní hodnoty. Stroje pak putují do dílen, kde se kompletně demontují. Po demontáži dojde k vyhodnocení stavu jednotlivých částí. Podvozek je většinou nejnákladnější částí lokomotivy a proto se vyplatí opravovat a renovovat podvozky starých vozů. Jako důkaz je možné shlédnout nejen lokomotivy v nákladní dopravě firmy CZ LOKO a.s., ale i vozy v osobní přepravě, kterými jsou původní motorové vozy č.810, (obecně nazývané „motoráky“), které renovuje firma Pars Nova a.s. Šumperk, pro kterou jsem dělal bakalářskou práci. Tyto vozy nesou označení jako vozy „Regionova“.



Obr. 2.1 Typický stav lokomotivy po zakoupení a před demontáží [20]

Podvozky se v místech, kde byly zjištěny vady různých charakterů, pracně vyrovnají, vyvaří, nebo v některých případech je nutné i částečné výměny a navaření části nové. U některých typů je také možné, že dochází k menším úpravám, například vyztužení kritických míst.

Vyřazené stroje bývají desítky let staré a řada komponent i dieselový pohon většinou nevyhovují dnešním českým i evropským normám a standardům. Při montáži dochází k výměně motorů za zcela nové a staré bývají prodávány na náhradní díly především do Polska a na východ od České republiky, kde velké množství těchto lokomotiv stále jezdí a tudíž je tam i poptávka po náhradních dílech na tyto stroje. Nové mašiny bývají nejčastěji osazovány zcela novými dieselovými agregáty americké firmy Caterpillar, která je spoluvlastníkem firmy CZ LOKO a.s. Při montážích dochází k úpravám nástaveb, protože

rozměry motorů se pochopitelně neshodují s motory starými. Jiné množství a velikosti komponent znamenají změny a velké úpravy právě na nástavbách lokomotiv. Rámy nástaveb a kapoty jsou nejčastějšími součástmi, které je třeba při modernizaci vyrobit jako zcela nové.

Při výrobě těchto nástaveb je nutné nejprve svařit rám. Manipulace při výrobě velmi složitá, protože hmotnost těchto rámu se pohybuje ve stovkách kilogramů. V současnosti nejtěžší rám vyráběný ve firmě má 660 Kg. Hmotnost však není jediným problémem při jejich výrobě. Jelikož jde o poměrně velké svařence, tak dochází při svařování k velkým pnutím. Úkolem této diplomové práce je navrhnout stůl pro výrobu těchto nástaveb dle zadaných parametrů uvedených v další kapitole.

Po vyrobení rámu je třeba ještě vyrobit nové kapoty a rámy v montážních dílnách osadit požadovanými komponenty.

Neméně důležitou částí procesu modernizace je i lakování. K lakování ve firmě slouží samostatná lakovací hala. Vzhledem k tomu, že je třeba lakovat součásti různých tvarů a velikostí, tak se většina přípravných prací provádí ručními nástroji. Zautomatizovat proces přípravy pro lakování je složitý a zatím nebyl nalezen způsob, jak daný technologický postup mechanicky vyřešit a nahradit tím klasickou ruční práci.



Obr. 2.2 Klasická nástavba – nově vyrobený kus [20]



Obr. 2.3 Nástavba na lokomotivě po dokončení [20]

Po posledních montážích dochází ke zkušebním testům a vyhodnocení, zda je lokomotiva připravena pro prodej a následný vysoce frekventovaný provoz. Mašiny se prodávají nejen v rámci České republiky, ale putují do celého světa. V následujících fotografiích je ukázáno několik dokončených typů lokomotiv dokončených ve firmě CZ LOKO a.s. Z nich jsou pro tuto diplomovou práci nejdůležitější právě nástavby, pro jejichž výrobu je třeba navrhnout manipulační zařízení.



*Obr. 2.4 Závěrečné montážní práce
[20]*



*Obr. 2.7 Malý typ Dieselové lokomotivy po dokončení
[20]*



*Obr. 2.6 Střední typ Dieselové lokomotivy po dokončení
[20]*



*Obr. 2.5 Střední typ Dieselové lokomotivy po dokončení
[20]*

2.1. Přesné zadání diplomové práce

Jako zadání diplomové práce je návrh, výpočet a dokumentace manipulačního zařízení pro konstrukci svařování rámců kapot dieselelektrických lokomotiv, tak aby bylo vyhověno dnešním vysokým standardům normy svařování ČSN EN ISO 3834, tak aby bylo odstraněno tzv. „svařování nad hlavou“.

Provedení je možné mechanickým, magnetickým nebo hydraulickým upínáním nebo jejich kombinacemi. Polohování nutno zvolit mechanické, elektrické, pneumatické nebo hydraulické, popř. jejich kombinace.

Porovnání časové náročnosti, ekonomických efektů a nároků na kvalifikaci výrobních dělníků při zavedení do praxe. Vyhodnotit přínosy daného řešení.



*Obr. 2.8 Současný stav – svařování na pevné desce
[20]*

V současné době dochází ke svařování rámců na desce o rozměrech, které byly změřeny (viz nákres). Deska je postavena na pevném podkladu a nelze jakkoli polohovat, takže práce na rámech je velmi obtížná. Dělníci musí svařovat nad hlavou, což nové normy nedovolují. Díky velikosti rámců je obtížné svařovat některé svary, a jelikož se hmotnosti rámců pohybují ve stovkách kilogramů, tak manipulace je možná pouze jeřábem.

Při návrhu manipulačního zařízení je třeba uvažovat s krajními hodnotami a také s rozměry již rozměry pracovní desky, která bude použita k vlastní konstrukci stolu. Deska dle dohody s konzultantem firmy bude užita stejných rozměrů, ale silnější tloušťky (30 mm). Z výpočtů bylo zjištěno, že hmotnost samotné desky je klíčová, protože je těžší, nežli do současnosti největší vyráběný rám.

Zadané hodnoty

Rozměry desky:

šířka: 2700 mm
výška: 1830 mm
tloušťka: 30 mm

Výztuha L80-8 profil délky 3,7m.
(hmotnost 1m L80-8 je 9,67 kg) [2]

$$m_{vyz} = 3,8 \cdot 9,67$$

$$m_{vyz} = 35,78 \text{ kg} \quad (2.1)$$

Výpočet hmotnosti desky:

$$m_d = \rho_{ocel} \cdot v + m_{vyz} = \rho_{ocel} \cdot (\check{s} \cdot v \cdot t) + m_{vyz}$$

$$m_d = 7800 \cdot (2,7 \cdot 1,83 \cdot 0,03) + 35,78 \quad (2.2)$$

$$\underline{\underline{m_d = 1192 \text{ kg}}}$$

Parametry největšího rámu:

šířka: 1780 mm
výška: 1500 mm
délka: 1890 mm
hmotnost: $m_r = 660 \text{ kg}$

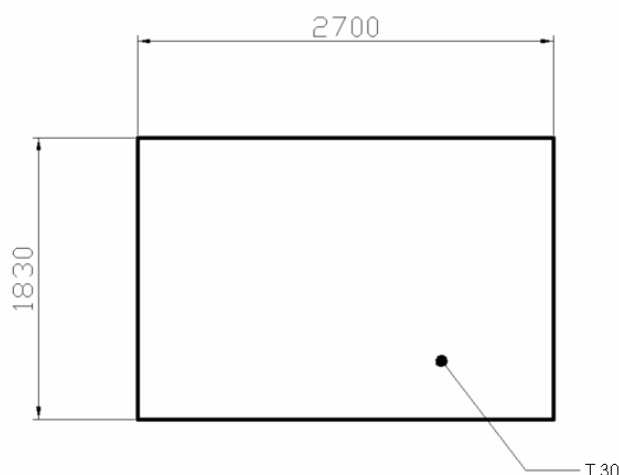
Ostatní parametry:

hmotnost osoby: $m_{os} = 100 \text{ kg}$
(stůl dimenzován i pro případ zatížení dvěma osobami)

maximální velikost zdvihu: $z_{max} = 1100 \text{ mm}$
(velikost zdvihu stolu optimalizována pro optimální výšku sváření)



Obr. 2.9 Současný stav – svařování na pevné desce [20]



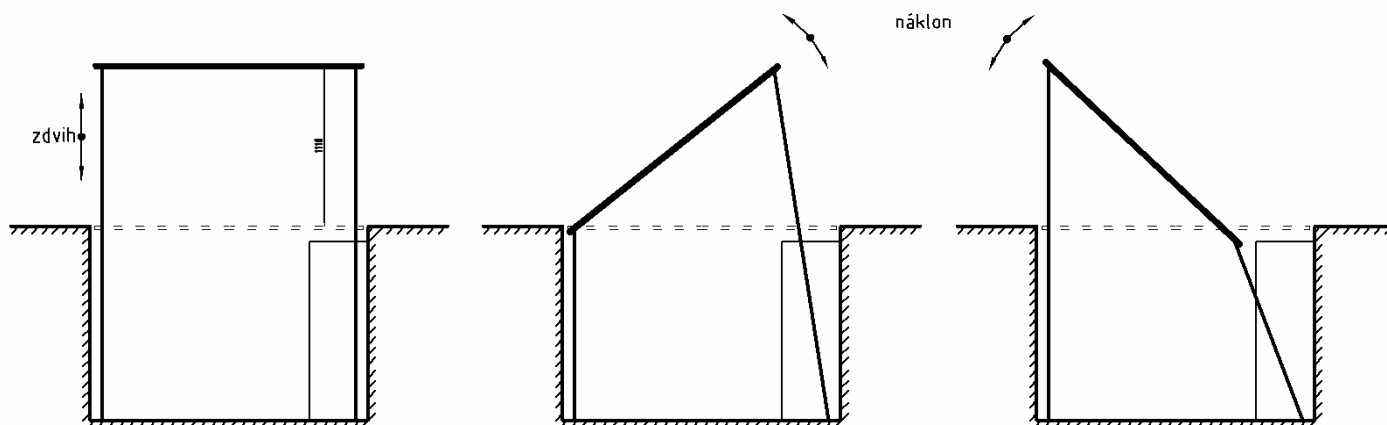
Obr. 2.10 Velikost dané desky [20]

2.2. Definování pohybu manipulačního zařízení

Zařízení by dle zadání mělo mít kontinuální zdvih od podlahy do výše potřebné ke svařování. Výše zdvihu byla stanovena na $z_{\max} = 1100$ mm. Vyšší zdvih již nepřináší užitek při svařování a užitek ze zdvihu pod úroveň podlahy by nevyvážil náročnost řešení.

Mnohem využitelnější pro sváření je naklápění. Technicky by bylo možné sestavit zařízení s naklápěním ve všech rovinách pomocí uchycení desky ve třech nebo čtyřech bodech. Jelikož však toto řešení se ukázalo jako finančně nákladné na hydraulických komponentech, tak proto bylo zvoleno naklápění jen v jednom směru a to na straně šířky. Malá velikost naklopení na straně podélné již neskýtá dobrou využitelnost při sváření, protože délka 2,7m při maximálním zdvihu 1,1m a zařízení by neúměrně finančně zvýšila. Pevná strana zajišťuje větší stabilitu zařízení.

Při zvažování variant pohybu náklonu jsem zvolil pohyb s jednou stranou pevnou a druhou pohyblivou. Pohyb stolu naznačen na obr. 2.11.



Obr. 2.11 Pohyb svařovacího stolu – zdvih a náklon s jednou stranou pevnou

2.3. Výběr mechanismu pohybu

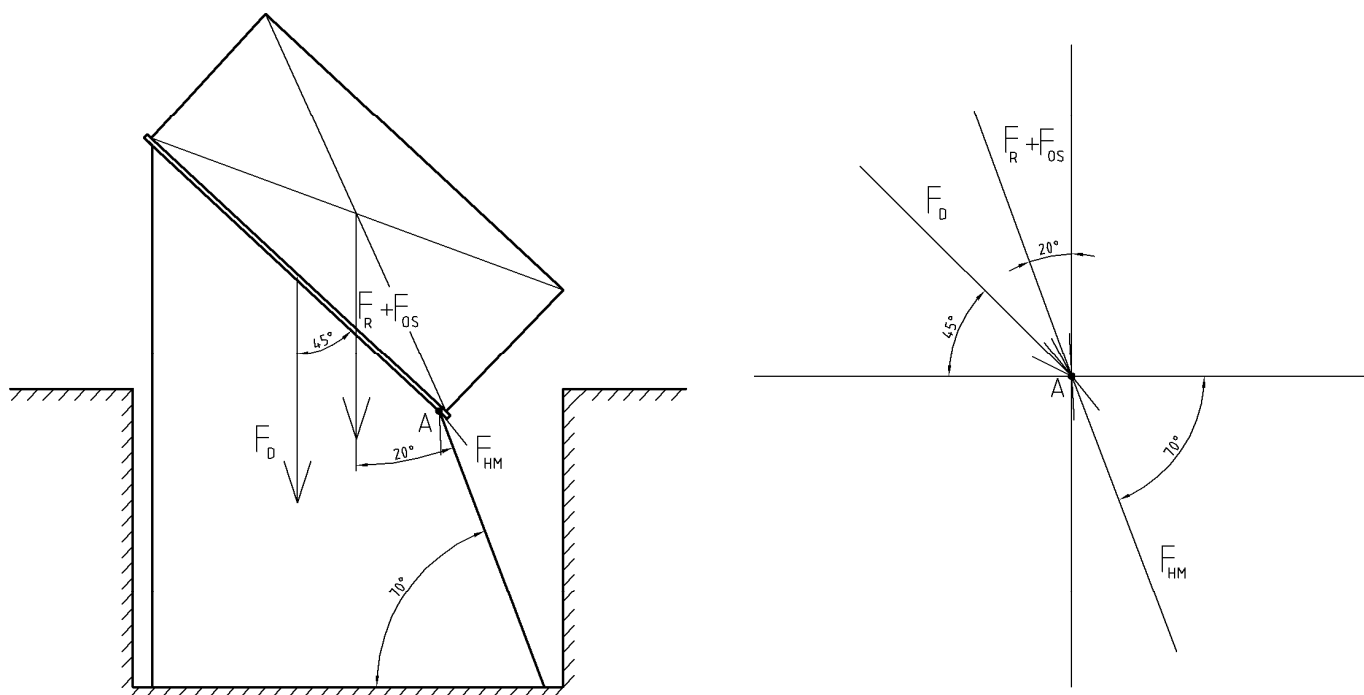
Při výběru mechanismů k zajištění zdvihu a náklonu stolu jsem uvažoval z variant:

- Mechanické – zde přicházel v úvahu šroubový mechanismus s pákami, ale výsledný mechanismus by byl příliš složitý, bylo by jej třeba často mazat a výsledná cena by byla vysoká
- Pneumatické – pneumatické mechanismy by byly vhodné pro svou malou náročnost na údržbu. Nevýhodou je, že nejsou dobré pro vysoká zatížení.
- Hydraulické – pro daný účel se zdají být nejvhodnější. Zvládají vysoká zatížení a není potřeba tolik částí jako u mechanických.

Pro zařízení na manipulaci jsem zvolil hydraulický mechanismus.

2.4. Výpočet maximální síly na hydromotor

Výpočet maximální síly na jeden přímočarý hydromotor je důležitý pro konečné stanovení typu a velikosti přímočarého hydromotoru z katalogu.



Obr. 2.12 Nákres největší síly působící na hydromotor

a) Síla od hmotnosti desky

$$\begin{aligned}F_D &= m_d \cdot g \\F_D &= 1192 \cdot 9,81 \\F_D &= \underline{\underline{11693,5 \text{ N}}}\end{aligned}\tag{2.3}$$

b) Síla od hmotnosti osoby

$$\begin{aligned}F_{OS} &= m_{os} \cdot g \\F_{OS} &= 100 \cdot 9,81 \\F_{OS} &= \underline{\underline{981 \text{ N}}}\end{aligned}\tag{2.4}$$

c) Síla od hmotnosti rámu

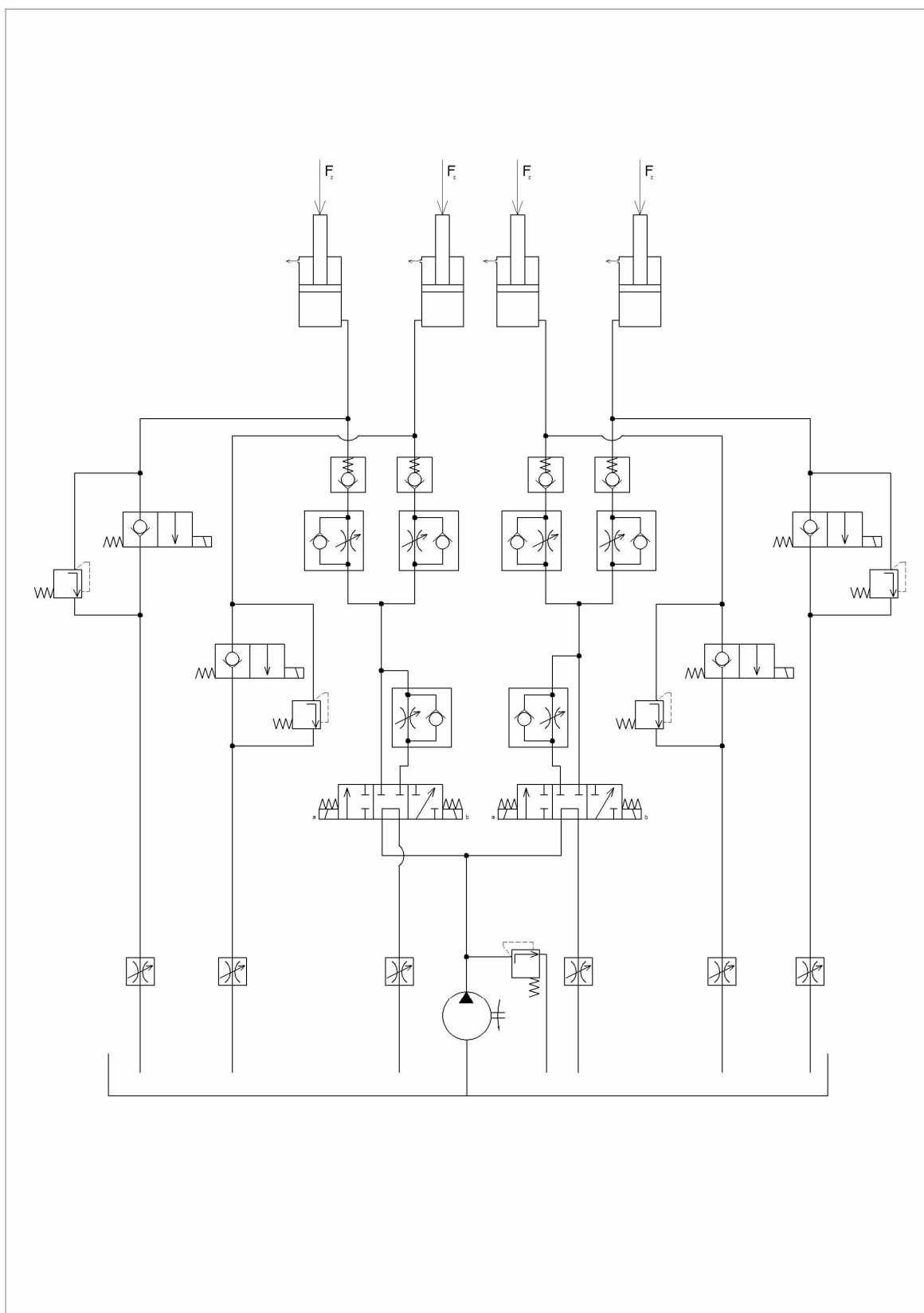
$$\begin{aligned}F_R &= m_r \cdot g \\F_R &= 660 \cdot 9,81 \\F_R &= \underline{\underline{6474,6 \text{ N}}}\end{aligned}\tag{2.5}$$

d) Síla působící na jeden hydromotor

$$\begin{aligned}F_{HM} &= \frac{F_R \cdot \sin 20^\circ + 2 \cdot F_{OS} \cdot \sin 20^\circ + F_D \cdot \cos 45^\circ}{2 \cdot \cos 45^\circ} \\F_{HM} &= \frac{6474,6 \cdot \sin 20^\circ + 2 \cdot 981 \cdot \sin 20^\circ + 11693,5 \cdot \cos 45^\circ}{2 \cdot \cos 45^\circ} \\F_{HM} &= \underline{\underline{7887 \text{ N}}}\end{aligned}\tag{2.6}$$

3 Řešení pohybu stolu hydraulickým mechanismem

Hydraulické schéma obvodu zvedacího zařízení



Výpočet a stanovení hydraulických komponentů

Přímočarý hydromotor

$$P_H = \frac{k_{bz} \cdot F_{HM}}{S}$$

$$P_H = \frac{k_{bz} \cdot F_{HM}}{\frac{\pi \cdot d_{\min}^2}{4}} \quad (3.1)$$

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot k_{bz} \cdot F_{HM}}{P_H \cdot \pi}}$$

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5 \cdot 7887}{\pi \cdot 20}} \quad (3.2)$$

$$\underline{\underline{d_{\min} = 27,44 \text{ mm}}}$$

Vzhledem k doporučeným délkám přímočarých hydromotorů z katalogu firmy Hydraulics s.r.o. volím hydromotory $d = 36 \text{ mm}$:

Nosnost při $d = 36 \text{ mm}$ a $k_{bz} = 1,5$:

$$m_{\max} = \frac{2 \cdot P_H \cdot \frac{\pi \cdot d_{\min}^2}{4}}{k_{bz} \cdot g}$$

$$m_{\max} = \frac{2 \cdot 20 \cdot \frac{\pi \cdot 36^2}{4}}{1,5 \cdot 9,81} \quad (3.3)$$

$$\underline{\underline{m_{\max} = 2767 \text{ kg}}}$$

Naklápací strana manipulačního zařízení (2ks):

Přímočarý hydromotor Hydraulics

Série ZH-PL1-36x1100-R-101-201

TECHNICKÉ PODMÍNKY

Pracovní kapalina – hydraulický minerální olej (OH-HM 32, OH-HM 46, OH-HM 64)

Jmenovitý tlak: 20 MPa

Maximální tlak: 25 MPa

Pracovní rychlost – maximální dovolená $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Zdvih tyče: 1100 mm

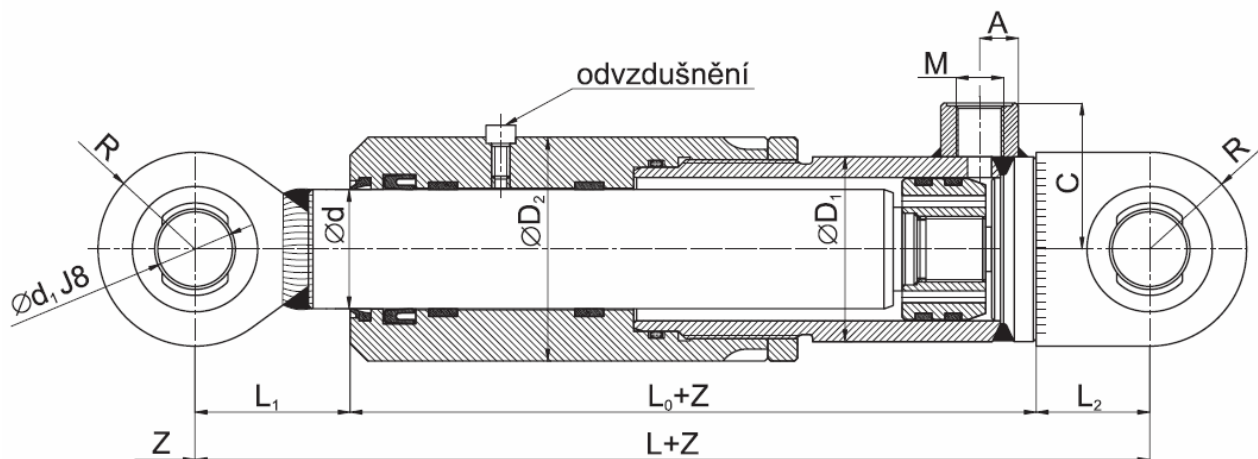
Průměr čepu ok: 20 mm

Pevná strana manipulačního zařízení (2ks):

Přímočarý hydromotor Hydraulics

Série ZH-PL1-A-36x1100-R-101-201

Technické podmínky stejné jako u naklápečí strany, pouze přidání uchycení hydromotoru typ A.



Obr. 3.1 Náčrtek hydromotoru

[10]

Ød	L	L ₀	L ₁	L ₂	ØD ₁	ØD ₂	Ød ₁	E	K	R	M	A	C	Maximální doporučené zdvihy dle zvol. Ød	Hmotnost při daném zdvihu Z
36	170	90	45	35	50	65	20	16	14	27,5	16x1,5	19	43	1250	m=3,2+Z x 0,01400

Obr. 3.2 Tabulkové hodnoty hydromotoru

[10]

Návrh Hydrogenerátoru dle katalogu firmy ARGO-HYTOS

a) Umístění hydrogenerátoru

Suché prostředí – šachta manipulačního zařízení.

b) Provoz hydrogenerátoru

Provoz přerušovaný.

c) Provozní tlak

Pro vyvození potřebné síly hydromotorů je třeba tlak $p = 20\text{MPa}$ (200 bar)

d) Průtok hydrogenerátoruObjemový průtok hydromotorů:Rychlost zdvihu celého stolu zvolena: $v = 0,04 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ Počet hydromotorů: $n = 4$

$$Q_{HM} = n \cdot S \cdot v$$

$$Q_{HM} = \frac{n \cdot \pi \cdot d^2}{4} \cdot v$$

$$Q_{HM} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 0,036^2}{4} \cdot 0,035 \quad (3.4)$$

$$Q_{HM} = 1,425 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{]}$$

$$\underline{\underline{Q_{HM} = 8,55 \text{ [dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \text{]}}}$$

Objemový průtok hydrogenerátoru:

$$Q_{HG} = Q_{HM}$$

$$\underline{\underline{Q_{HG} = Q_{HM} = 8,55 \text{ [dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \text{]}}} \quad (3.5)$$

e) Druh hydrogenerátoru

Dle předchozích hodnot a katalogu zvolen hydrogenerátor zubový.

f) Geometrický objem hydrogenerátoru

Zvolen dle průtoku a tlaku z katalogu v tab.2b

$$Vg_{HG} = 6,3 \text{ [cm}^3 \cdot \text{ot}^{-1} \text{]}$$

g) Elektromotor

Zvolen dle průtoku a tlaku z katalogu v tab.2b

Otáčky elektromotoru

$$1440 \text{ ot / min} \rightarrow 24 \text{ ot / s}$$

Parametry elektromotoru		
Velikost	n [min ⁻¹]	p [kw]
112	1440	4.0

Požadované napětí 230V

h) Konstrukční uspořádání náhonů

Zvoleno standardní uspořádání svislé.

i) Velikost nádrže

Dle doporučení katalogu pro velikost nádrže dle průtoku hydrogenerátoru volím násobek 5.

$$\begin{aligned} V_{N \min} &= Q_{HG} \cdot 5 \\ V_{N \min} &= 8,55 \cdot 5 \\ V_{N \min} &= 42,75 \text{ [dm}^3\text{]} \end{aligned} \quad (3.6)$$

Dle tab. 1 a tabulky nádrží v katalogu volím nádrž 45U

Parametry nádrže		
Označení nádrže	Obsah oleje [dm ³]	Rozměry nádrže[mm]
45U	45	700 x 370 x 329

Kontrola potřebného objemu oleje v soustavě:

Objem hydromotoru:

$$\begin{aligned} V_H &= \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot z \\ V_H &= \frac{\pi \cdot 36^2}{4} \cdot 1100 \\ V_H &= 1,12 \text{ [dm}^3\text{]} \end{aligned} \quad (3.7)$$

Objem přívodní hadice:

$$\begin{aligned} V_V &= \frac{\pi \cdot 5^2}{4} \cdot l_h \\ V_V &= \frac{\pi \cdot 5^2}{4} \cdot 2500 \\ V_V &= 0,05 \text{ [dm}^3\text{]} \end{aligned} \quad (3.8)$$

Potřebný objem ve vedení a hydromotorech hydraulického obvodu:

$$\begin{aligned} V_O &= (V_V + V_H) \cdot n \\ V_O &= (0,05 + 1,12) \cdot 4 \\ V_O &= 4,7 \text{ [dm}^3\text{]} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Vybraná nádrž bezpečně pokryje hydraulický obvod včetně kanálů, ventilů a rozvodných prostor. Pokryje i případné pozdější netěsnosti a snížení oleje v nádrži. Při snížení doporučeného koeficientu průtoku na nejmenší možný (velikost 3) lze uvažovat i o nádrži typ 30C s objemem oleje 30 dm³.

j) Povrchové úpravy – barevné provedení

Barevné provedení klasické RAL7030 Komaxit.

Nástavby na víku nádrže:

Montážní připojovací desky pro připojení rozvaděče a regulačních ventilů tlaku dle schématu

Filtr pro čištění oleje.

k) Řízení tlaku

Standardním tlakovým ventilem VT

l) Filtrace oleje

Filtr se Standardní vizuální signalizací. Volen dle průtoků.

Typ filtru	Typ vložky	Jmenovitý průtok [dm ³ .min ⁻¹]	Obtok Δp [dm ³ .min ⁻¹]	Absolutní filtrace [μm]
FR043-166	V3.0510-56	25	2,5	10

m) Světlost prvků

Pro připojování hydraulických prvků bez použití hadic zvolena připojovací (řadová) deska PD06 xx – AL

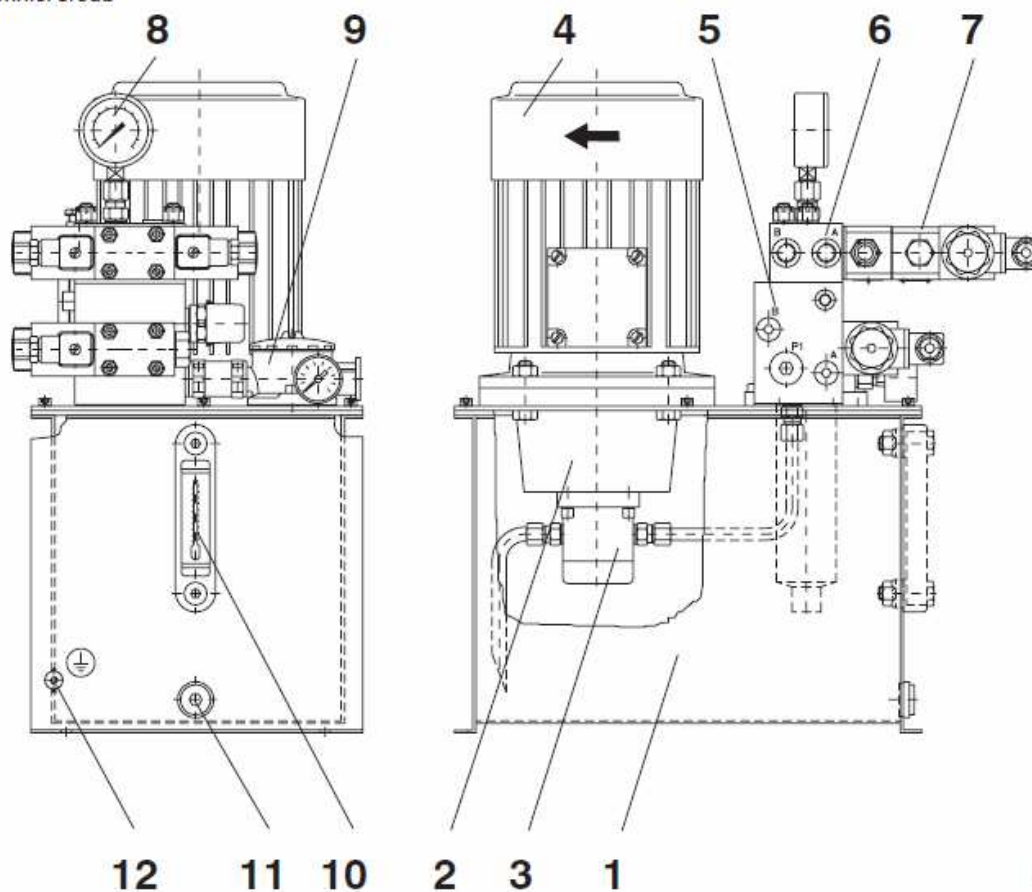
n) Ovládací napětí

Ovládací prvky se střídavým napětím 230V

o) Elektrovybavení

Hydrogenerátor dodat s elektrovybavením (svorkovnice, jističe apod.)

- 1 Nádrž
- 2 Náhon hydrogenerátoru
- 3 Hydrogenerátor
- 4 Elektromotor
- 5 Základní blok (pojistný blok akumulátoru)
- 6 Systém podélného modulového sdružování
- 7 Systém výškového modulového sdružování
- 8 Manometr
- 9 Odpadní filtr s obtokem, nalévacím otvorem a indikací zanesení vložky
- 10 Spojitý olejoznak
- 11 Vypouštěcí magnetická zátk
- 12 Zemní šroub



Obr. 3.3 Náčrty hydrogenerátoru řady SA4
[11]

Výsledné katalogové číslo hydraulického agregátu:

Zvolen agregát **SA4-45U**

Volba rozvaděčů pro zvedání stolu

Dle funkce volím z katalogu elektromagneticky ovládaných rozvaděčů firmy ARGO-HYTOS trojcestný rozvaděč:

RPE3-06 3 C41 / 23050 E1

Objednávka včetně konektorové zástrčky. Objednávka dvou kusů (dle schématu). Rozvaděče bezhadicově namontovány na přípojovací desku hydrogenerátoru.



*Obr. 3.4 Foto elektromagneticky ovládaného rozvaděče RPE3-06
[12]*

Volba škrtících ventilů pro plynulé spouštění stolu

Dle funkce volím z katalogu jehlových škrtících ventilů firmy ARGO-HYTOS škrtící ventil:

VSO1-06 / R 2,5

Objednávka čtyř kusů (dle schématu). Škrtící ventily bezhadicově namontovány na přípojovací desku hydrogenerátoru.



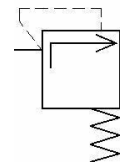
*Obr. 3.5 Foto škrtícího ventilu VSO1-06
[13]*

Volba přepouštěcích ventilů

Dle funkce volím z katalogu přímořízených přepouštěcích ventilů firmy ARGO-HYTOS přepouštěcí ventil:

VPP2-06 / S - 25

Objednávka pěti kusů (dle schématu).



*Obr. 3.6 Foto přepouštěcího ventilu VPP2-06
[14]*

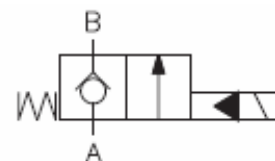
Volba elektromagneticky ovládaných sedlových rozvaděčů pro spouštění stolu

Dle funkce volím z katalogu elektromagneticky ovládaných sedlových rozvaděčů firmy ARGO-HYTOS přepouštěcí rozvaděče:

ROE3 – 06 2 S1 / 23050

Objednávka čtyř kusů (dle schématu) Zapojení přímo na hydromotor. Včetně cívky, konektoru a příslušného tělesa.

Cívka 230VAC: **C51-26-205DC-E1**



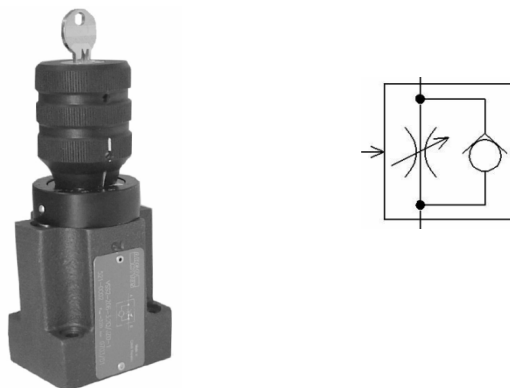
*Obr. 3.7 Foto elektromagneticky ovládaný sedlový rozvaděč ROE3
[15]*

Volba regulátorů průtoku – škrtící ventil se stabilizací

Dle funkce volím z katalogu dvoucestných škrtících ventilů se stabilizací firmy ARGO-HYTOS ventil:

VSS2-206-32Q / J Z O -1

Objednávka čtyř kusů (dle schématu). Škrtící ventily se stabilizací bezhadicově namontovány na přípojovací desku hydrogenerátoru.



Obr. 3.8 Foto škrtícího ventilu se stabilizací VSS2-206
[16]

Volba jednosměrných ventilů

Dle funkce volím z katalogu jednosměrných ventilů firmy ARGO-HYTOS ventil:

VJO1-06/SG

Objednávka čtyř kusů (dle schématu).

Volba průměru vedení

Předběžnou rychlost v potrubí volím: $v_p = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\begin{aligned} \phi d_p &= \sqrt{\frac{\frac{Q_{HG}}{2} \cdot 4}{v_p \cdot \pi}} \\ \phi d_p &= \sqrt{\frac{1,425 \cdot 10^{-4} \cdot 4}{5 \cdot \pi}} \\ \phi d_p &= 4,26 \text{ mm} \end{aligned} \quad (3.10)$$

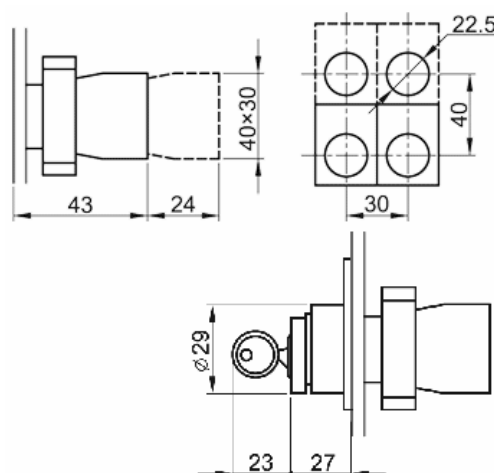
Volím průměr hadic vedení $d_p = 5 \text{ mm}$.

Dle konzultace bude celé hydraulické zařízení vyrobeno na zakázku stavebnicově firmou Argo-Hytos.

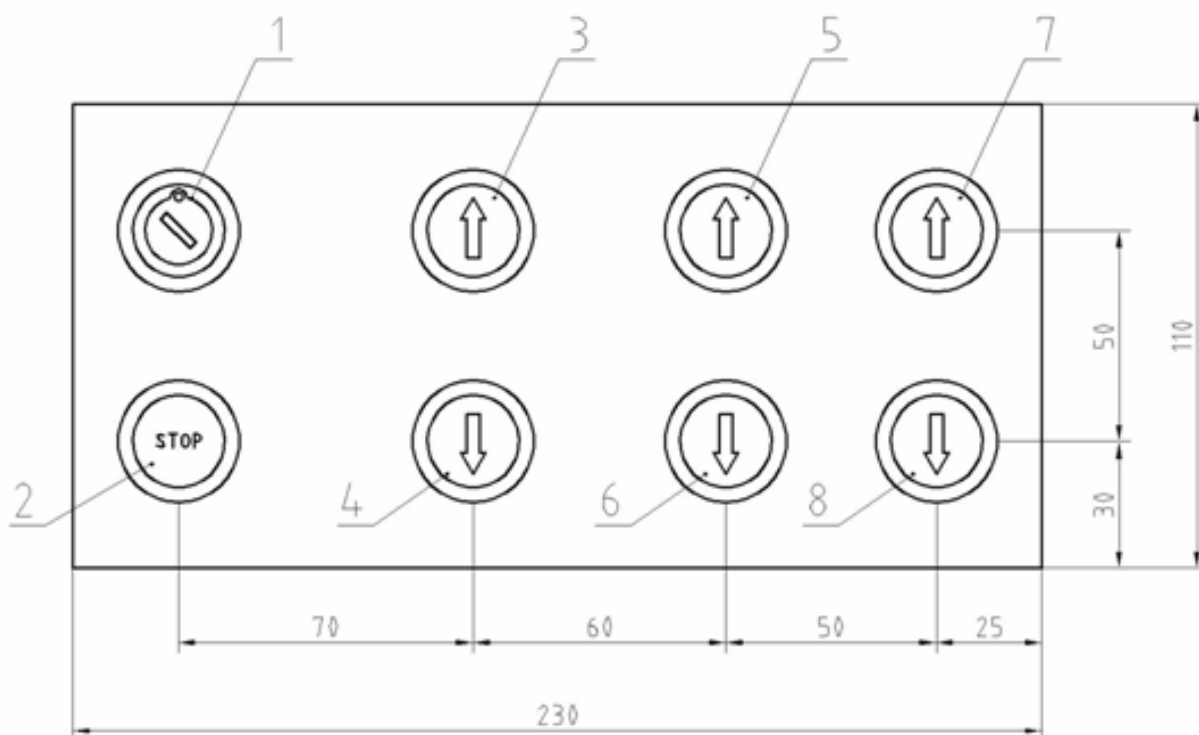
4 Ovládací panel manipulačního zařízení

Ovládací panel manipulačního zařízení se bude skládat ze stavebnicových prvků dle katalogu TRACON ELECTRIC s.r.o. Prvky jsou kompatibilní a mají stejné montážní připojení na základní desku. Normalizovaný průměr připojení spínačů je 22mm. Při sestavování panelu je důležité dodržet minimální konstrukční vzdálenosti.

Navrhuji uspořádání spínačů k ovládání zařízení dle obrázku č 4.2, ale ovladač může být navržen i v jiném uspořádání při dodržení minimální konstrukční vzdálenosti. Prvky budou umístěny do univerzálního boxu, který bude splňovat normy dle ČSN pro příslušné požadované napětí v ovládacím obvodu. Dle požadavků firmy je na panel umístěn i bezpečnostní vypínání klíčem.



Obr. 4.1 Konstrukční vzdálenosti stavebnicových ovládacích prvků [17]



Obr. 4.2 Návrh ovládacího panelu

Tab. 4.1 Tabulka ovládacích prvků

číslo v nákresu	typ	katalogové číslo	ovládaný prvek	popis funkce
1	spínač s klíčem	NYBG53KK	zapojen v sérii s tlačítkem č. 2	Bezpečnostní vypnutí celého stolu v době mimo provoz
2	tlačítko	NYGBA4342 P	zapojen v sérii s tlačítkem č. 1	Vypnutí zařízení v době provozu
3	spínač	NYGBA3351	Rozvaděče RPE3-06 (pozice 1)	Zvedání stolu, ovládání levá i pravá větev obvodu současně
4	spínač	NYGBA3351	Sedlové rozvaděče ROE3-06	Spouštění stolu, ovládání levá i pravá větev obvodu současně
5	spínač	NYGBA3351	Rozvaděč RPE3-06 (pozice 2)	Zvedání levé části stolu, ovládání levá větev obvodu
6	spínač	NYGBA3351	Sedlové rozvaděče ROE3-06	Spouštění levé části stolu, ovládání levá větev obvodu
7	spínač	NYGBA3351	Rozvaděč RPE3-06 (pozice 2)	Zvedání pravé části stolu, ovládání pravá větev obvodu
8	spínač	NYGBA3351	Sedlové rozvaděče ROE3-06	Spouštění pravé části stolu, ovládání pravá větev obvodu

Ovládací hlavice a hmatníky tlačítek lze kombinovat a možno objednat dle katalogu jiná a s jinými popisy. Tlačítka uvedená v diplomové práci jsou pouze navrhovaná.



Obr. 4.3 Spínač
NYGBA3351
[17]



Obr. 4.4 Spínač s klíčem
NYBG53KK
[17]



Obr. 4.5 Tlačítko
NYGBA4342P
[17]

Napětí v ovládacím obvodu

Pro jednoduchost je v práci uvažováno v ovládacím obvodu standardní napětí 230V a ovládací části hydraulického mechanismu jsou taktéž zvoleny na toto napětí. Vysoké napětí v obvodu je sice jednodušší, protože není třeba transformátor. Zápornou stránkou tohoto řešení ale je nutné kvalitnější vedení a odizolování obvodu dle přísnějších norem.

Alternativní napětí v ovládacím obvodu:

Možným alternativním řešením je ovládací obvod se sníženým napětím. Pro toto řešení je nutné přidat do obvodu oddělovací transformátor. Pro snížené napětí je také třeba zvolit jiné ovládací prvky hydraulických částí a ovládací napětí hydrogenerátoru. Katalogová čísla jednotlivých částí hydraulického obvodu v případě užití 12V nebo 24V ovládací soustavy jsou uvedeny v tabulce.



Obr. 4.6 Ochranný oddělovací transformátor [17]

Tab. 4.2 Katalogová čísla částí hydraulického obvodu dle napětí v ovládacím obvodu

Hydraulický prvek	Katalogové číslo 230V	Katalogové číslo 12V	Katalogové číslo 24V
Trojcestný rozvaděč	RPE3-06 3 C41/23050E1	RPE3-06 3 C41/01200E1	RPE3-06 3 C41/02400E1
Cívka pro sedlový rozvaděč SD2E-A2	C51-26-205DC-E1	C51-26-012DC-E2	C51-26-024DC-E2

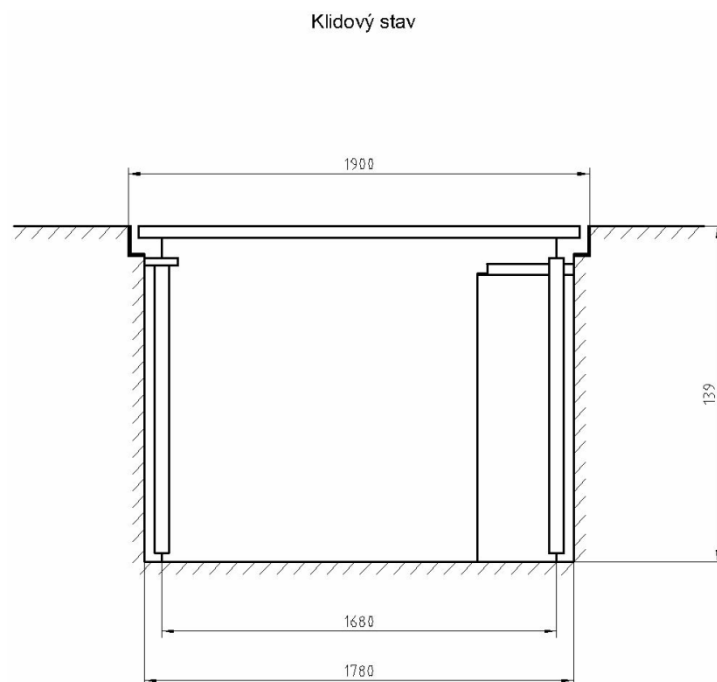
Tab. 4.3 Typy ochranných oddělovacích alternátorů pro různé napětí ovládacích obvodů

Typ transformátoru	Napětí primární / napětí sekundární	Maximální sekund. výkon	Maximální sekundární proud	Katalogové číslo
M	230V/12V	160VA	13,33A	TVTRB - 160
N	230V/24V	160VA	6,67A	TVTRB - 160

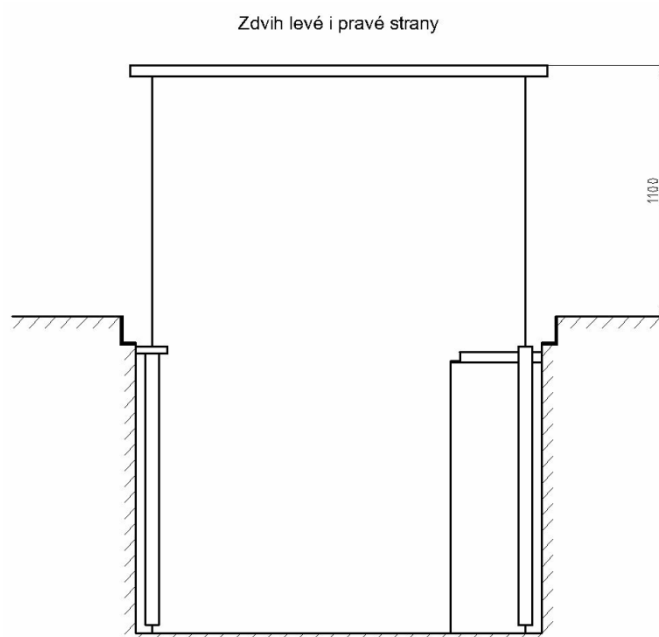
5 Konstrukce šachty a potřebné pevnostní výpočty

Manipulační zařízení je konstrukčně uloženo pod úrovní podlahy výrobní haly. Je-li zařízení v nečinnosti a není v provozu, pak je spuštěna deska do spodní části a zařízení tedy kopíruje rovinu podlahy haly. Když se zařízení nepoužívá, nebo po ukončení prací a mimo pracovní dobu musí být z bezpečnostních a životnostních důvodů deska stolu spuštěna do dolní polohy s úrovní podlahy.

Pro zařízení je tedy zhotovit šachtu pod úrovní podlahy. Horní rohy šachty



Obr. 5.1 Klidový – vypnutý stav, základní rozměry šachty



Obr. 5.2 Maximální zdvih stolu

jsou osazeny svařovaným rámem z ocelových L profilů z důvodu možného poškození betonových rohů šachty.

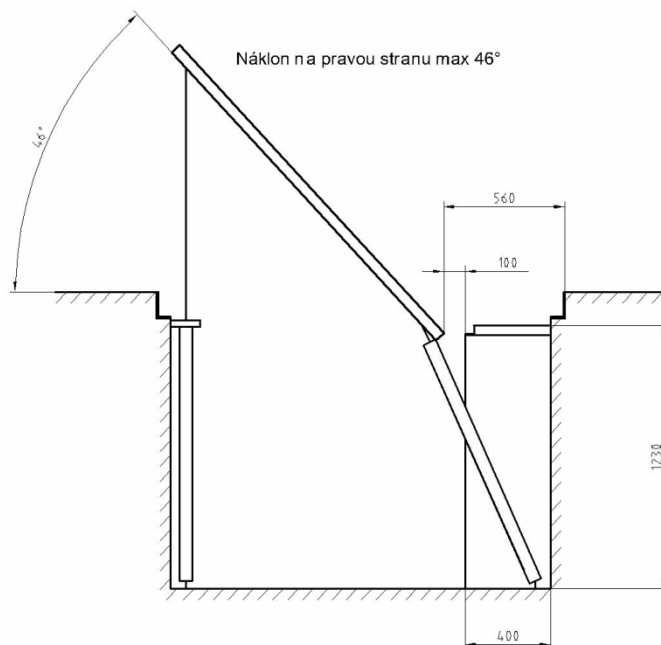
Nevýhodou šachty z důvodu jedné pevné strany zařízení je, že při náklonu se zdviženou pevnou stranou vznikne na pohyblivé straně nežádoucí mezera, která by mohla být příčinou možného úrazu při práci a je též nepraktická v případě upadnutí nářadí na dno šachty. Po konzultaci s firmou bylo rozhodnuto, že dojde k vybudování stupňovité šachty s vybráním pro hydromotory.

Posledním prvkem při budování šachty je nutnost poměrně přesného ukotvení šroubů do základu pro upevnění jednotlivých částí zařízení.

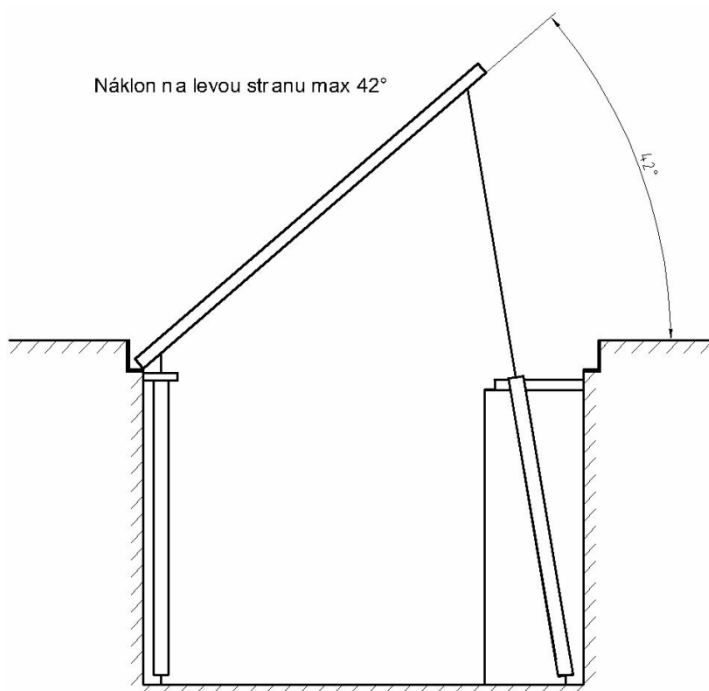
Vybudování šachty dle konzultace s firmou provedou interní pracovníci údržby firmy a nebude práce zakalkulována do celkových nákladů na zhotovení manipulačního zařízení.

Hydromotory jsou upevněny v šachtě pomocí úchytů dle výrobních výkresů v příloze. Spodní úchyty jsou totožné. Levá strana je navíc upevněna v boční stěně šachty pevně (nedochází pohybu do prostoru šachty).

Svary úchytů jsou namáhány silami od zatížení a zkontrolovány výpočetně na další straně.



Obr. 5.3 Náklon stolu na pravou stranu, důležité rozměry a úhel náklonu



Obr. 5.4 Náklon stolu na levou stranu, a úhel náklonu

Kontrola svarů kotvicích úchytů hydromotorů:**a) Spodní úchyt**

Výpočet silových složek:

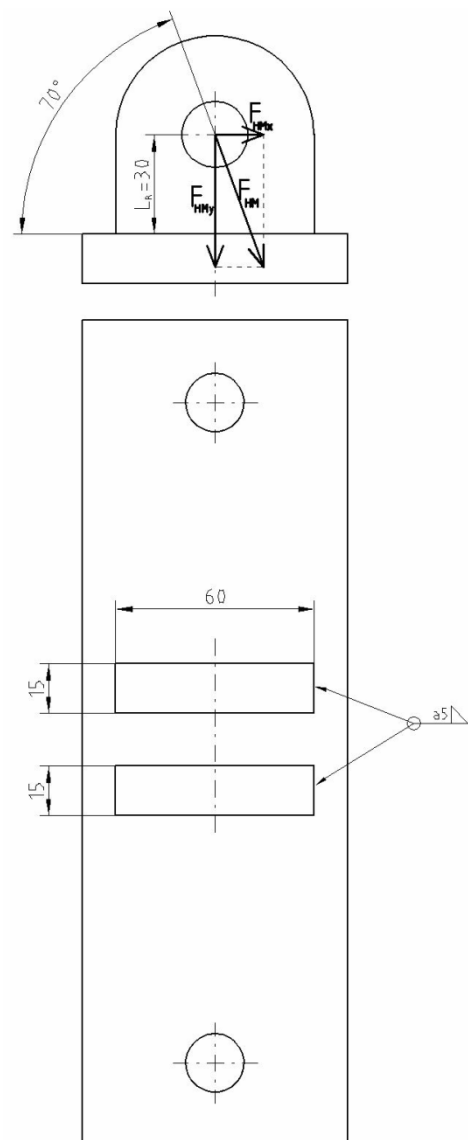
$$\begin{aligned} F_{HMx} &= F_{HM} \cdot \cos 70^\circ \\ F_{HMx} &= 7887 \cdot \cos 70^\circ \\ \underline{\underline{F_{HMx} &= 2697,5 \text{ [N]}}} \end{aligned} \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned} F_{HMy} &= F_{HM} \cdot \sin 70^\circ \\ F_{HMy} &= 7887 \cdot \sin 70^\circ \\ \underline{\underline{F_{HMy} &= 7411,4 \text{ [N]}}} \end{aligned} \quad (5.2)$$

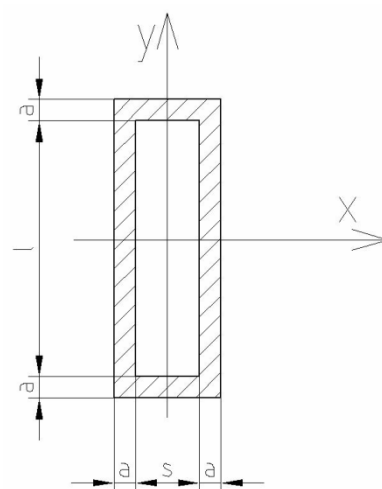
Svary jsou namáhány silou F_{HMx} od hydromotoru. Pro zjednodušení výpočtu lze uvažovat každý díl zvlášť, protože síla se rovnoměrně od čepu rozdělí mezi oba svary. Účinkem síly F_{HMx} je svar současně namáhán smykem a ohybem.

Namáhání od ohybového momentu:

$$\begin{aligned} \tau_{\perp} &= \frac{M_o}{W_{oSWx}} \\ \tau_{\perp} &= \frac{\frac{F_{HMx}}{2} \cdot L}{\frac{J_{SVx}}{\frac{l}{2} + a}} \\ \tau_{\perp} &= \frac{\frac{2697,5}{2} \cdot 30}{\frac{444583}{\frac{60}{2} + 5}} \\ \underline{\underline{\tau_{\perp} &= 3,19 \text{ [MPa]}}} \end{aligned} \quad (5.3)$$



Obr. 5.5 Náčrt spodního úchytu



Obr. 5.6 Označení nosného průřezu svaru

Kvadratický moment:

$$\begin{aligned}
 J_{SVx} &= \frac{1}{12} \left[(s + 2 \cdot a) \cdot (l + 2 \cdot a)^3 - s \cdot l^3 \right] \\
 J_{SVx} &= \frac{1}{12} \left[(15 + 2 \cdot 5) \cdot (60 + 2 \cdot 5)^3 - 15 \cdot 60^3 \right] \\
 J_{SVx} &= 444583 \text{ [mm}^4 \text{]}
 \end{aligned} \tag{5.4}$$

Namáhání od posouvající síly:

$$\begin{aligned}
 \tau_{//} &= \frac{\frac{F_{HMx}}{2}}{S_{SV}} \\
 \tau_{//} &= \frac{\frac{F_{HMx}}{2}}{2 \cdot a \cdot (l + 2 \cdot a)} \\
 \tau_{//} &= \frac{2697,5}{2 \cdot 5 \cdot (60 + 2 \cdot 5)} \\
 \tau_{//} &= 1,93 \text{ [MPa]}
 \end{aligned} \tag{5.5}$$

Výsledné redukované napětí musí vyhovovat podmínce:

Koeficienty k_3, k_4 a k_s dle [1] strana 52.

$$\begin{aligned}
 \sigma_{red} &= \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}}{k_3} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{//}}{k_4} \right)^2} \leq \beta \cdot D_{Dt} = \beta \cdot \frac{R_e}{k_s} \\
 \sigma_{red} &= \sqrt{\left(\frac{3,19}{0,75} \right)^2 + \left(\frac{1,93}{0,65} \right)^2} \leq 1,088 \cdot \frac{205}{2} \\
 \sigma_{red} &= 5,19 \text{ [MPa]} \leq 111,52 \text{ [MPa]} \Rightarrow \text{vyhovuje}
 \end{aligned} \tag{5.6}$$

Součinitel tloušťky koutového svaru β :

$$\begin{aligned}
 \beta &= 1,3 - 0,03 \cdot \sqrt{2} \cdot a \\
 \beta &= 1,3 - 0,03 \cdot \sqrt{2} \cdot 5 \\
 \beta &= 1,088
 \end{aligned} \tag{5.7}$$

b) Horní úchyt

Svary jsou namáhány silou F_{HMx} od hydromotoru. Úchyt je stejný jako spodní, pouze síla působí pod jiným úhlem viz obrázek 5.5. Účinkem síly F_{HMx} je svar současně namáhán smykem a ohybem.

Výpočet silových složek:

$$F_{HMx} = F_{HM} \cdot \cos 20^\circ$$

$$F_{HMx} = 7887 \cdot \cos 20^\circ$$

$$\underline{\underline{F_{HMx} = 7411,4 [N]}}$$

$$F_{HMy} = F_{HM} \cdot \sin 20^\circ$$

$$F_{HMy} = 7887 \cdot \sin 20^\circ$$

$$\underline{\underline{F_{HMy} = 2697,5 [N]}}$$

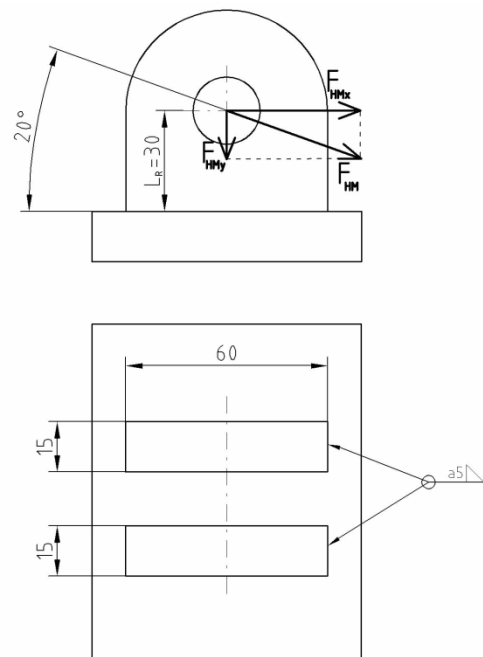
Namáhání od ohybového momentu:

$$\tau_{\perp} = \frac{M_o}{W_{oSWx}}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{\frac{F_{HMx} \cdot L}{2}}{\frac{J_{SVx}}{\frac{l}{2} + a}}$$

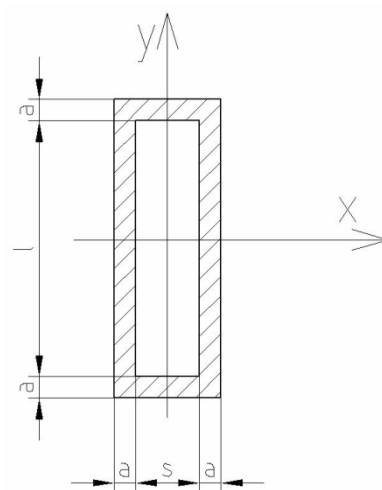
$$\tau_{\perp} = \frac{\frac{7411,4}{2} \cdot 30}{\frac{444583}{\frac{60}{2} + 5}}$$

$$\underline{\underline{\tau_{\perp} = 8,75 [MPa]}}$$



Obr. 5.5 Náčrt spodního úchytu

(5.10)



Obr. 5.6 Označení nosného průřezu svaru

Namáhání od posouvající síly:

$$\tau_{//} = \frac{\frac{F_{HMx}}{2}}{S_{SV}}$$

$$\tau_{//} = \frac{\frac{F_{HMx}}{2}}{2 \cdot a \cdot (l + 2 \cdot a)} \quad (5.11)$$

$$\tau_{//} = \frac{7411,4}{2 \cdot 5 \cdot (60 + 2 \cdot 5)}$$

$$\tau_{//} = 5,29 [MPa]$$

Výsledné redukované napětí musí vyhovovat podmínce:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{//}}{k_4}\right)^2} \leq \beta \cdot D_{Dt} = \beta \cdot \frac{R_e}{k_s}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{8,75}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{5,29}{0,65}\right)^2} \leq 1,088 \cdot \frac{205}{2} \quad (5.12)$$

$$\sigma_{red} = 94,95 [MPa] \leq 111,52 [MPa] \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

c) Kontrola průměru čepu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F_{HM}}{2} \cdot 16}{\frac{\pi}{32} \cdot d^3} \leq \sigma_{Do} = \frac{R_e}{k_s}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{7887}{2} \cdot 16}{\frac{\pi}{32} \cdot 20^3} \leq \sigma_{Do} = \frac{205}{2} \quad (5.13)$$

$$\sigma_{red} = 80,34 [MPa] \leq 111,52 [MPa] \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

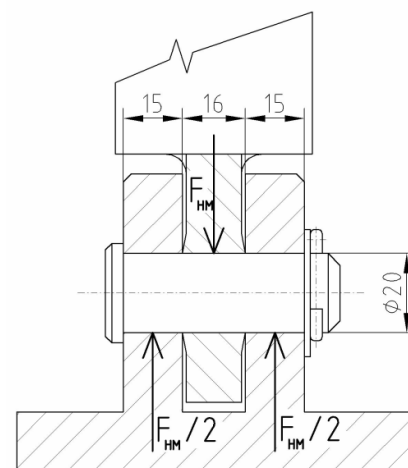
Kontrola na měrný tlak:

$$p_1 \leq p_D$$

$$\frac{F_{HM}}{16 \cdot d} \leq p_D \quad (5.14)$$

$$\frac{7887}{16 \cdot 20} \leq p_D$$

$$p_1 = 24,65 [MPa] \leq 120 [MPa] \Rightarrow \text{vyhovuje}$$



Obr. 5.7 Náčrt čepu
hydromotoru v úchyty

6 Upevňování svařenců na pracovní desku

Upevňování svařovaných rámců ke stolu je poměrně obtížné, protože dochází k poměrně velkým pnutím, které je těžko definovatelné. Upínací systém musí zachytit síly vznikající ve svařovaných profilech.

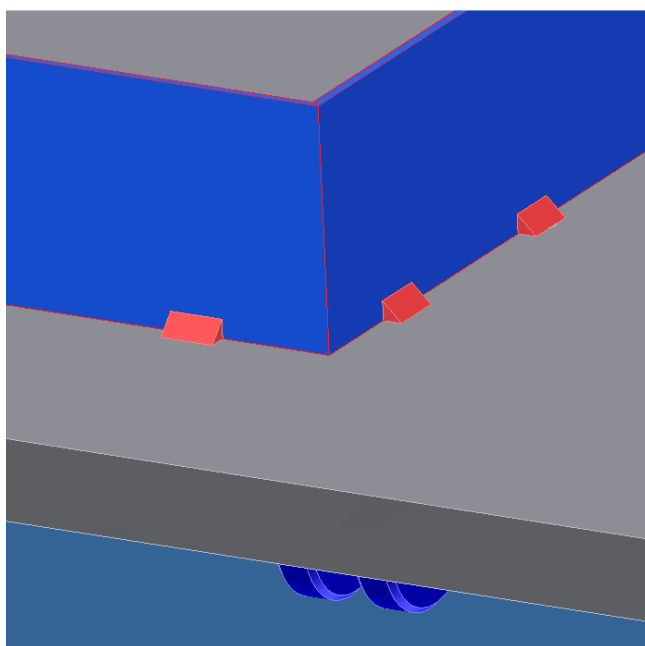
6.1. Varianta A – upevnění pomocí svarových stehů

Tento způsob upevňování svařenců k pracovnímu stolu je v současnosti používám na svařovací desce. Při počátku svařování dojde k nastehování profilů ke stolu a pak dochází teprve k následnému stavění a svařování rámu.

Svary podrží v profilech pnutí. Po dokončení práce dojde k odbroušení těchto pomocných stehů a uvolnění svařence.

Výhody stehování:

- a) Jednoduchost – nejjednodušší způsob upínání bez dalších pomocných prvků nebo úprav desky
- b) Zvyklost obsluhy – obsluha byla do této doby zvyklá na tento způsob upínání a má již patřičnou zručnost a tím i rychlost produktivity.
- c) Vysoké přenosové síly – pomocí stehů lze eliminovat vysoké pnutí.



Obr. 6.1 Upevňování pomocí svarových stehů

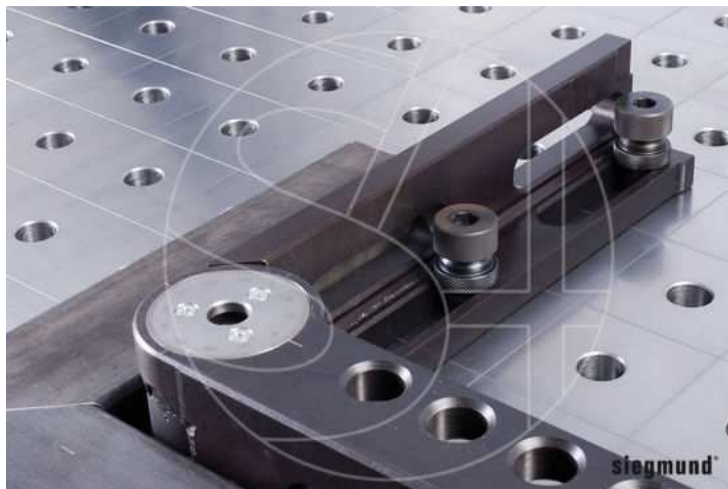
Nevýhody stehování:

- a) Opotřebování pracovní desky – dochází poškozování roviny desky od odbroušování stehů po dokončení práce
- b) Spotřeba svařovacího materiálu – ke stehům je třeba zaplatit spotřebu drátu a plynu svařovací atmosféry

6.2. Varianta B – upevnění pomocí mechanických upínek a čepů

Tento způsob upevňování svařenců je profesionálnější, ale vyžaduje úpravy desky stolu a zakoupení pomocných upevňovacích čepů a upínek. Samotné úhelníky a dorazy lze také zakoupit, ale je jednoduché potřebné úhelníky a dorazy na míru vyfrézovat i ve firmě.

Základním upevňovacím prvkem je čep pro pevné spojení. K upnutí dojde po vsunutí do upevňovacího otvoru v desce, potom otáčení aretačního kolečka, které působí na kužel, tím dojde k roztažení kuliček a následnému přitažení příslušného dílu k desce. K dalším pomocným prvkům patří svěrky a rychloupínače.



Obr. 6.2 Upevňování upínek a stavebnicových čepů [19]

Mechanické upínací součásti:

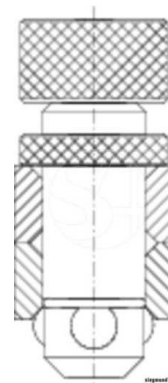
- Čepy pro pevná spojení – slouží k pevnému spojení dvou součástí. Nejčastěji pracovní desky s úhelníkem nebo dorazem. Normalizované čepy vyráběné firmou Bernd Sigmund GmbH jsou o průměru 16mm (rozsah stažení prvků 25-33mm) nebo průměru 28mm (rozsah stažení prvků 47-62mm).
- Svěrky – slouží k podržení více částí u sebe.
- Úhelníky a dorazy – slouží k ustavení příslušných profilů v požadovaných úhlech na svařecí stůl.



Obr. 6.3 Svěrka [19]



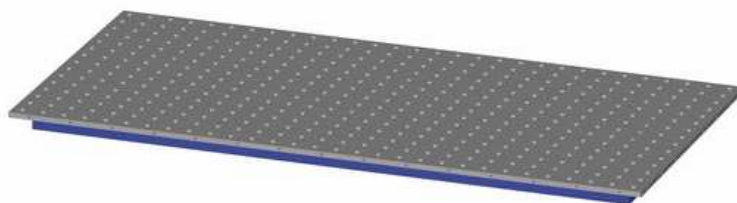
Obr. 6.4 Čep pro pevné spojení [19]



Obr. 6.5 Náčrt spojení součástí čepem [19]

Úprava desky stolu pro stavebnicové mechanické upínání:

Proto, aby bylo možné svařované rámy mechanicky upínat, tak je třeba desku opatřit dírami s osazením pro dobré upínání pomocí stavebnicových čepů. Normalizované otvory stavebnice firmy Bernd Sigmund GmbH jsou 16mm a 28mm. K příslušným průměrům je třeba přiřadit sílu desky, protože řady čepů mají rozsah stažení. Pro menší čepy je třeba desky o tloušťce 12mm, což je pro zadané hmotnosti rámu nevhodné. Normalizovaná deska pro čepy 28mm je ve stavebnici tloušťky 25mm a roztečemi 100mm.



Obr. 6.6 Model standardní desky se stavebnicovými dírami [19]

Výhody mechanického upínání:

- Přesnost – velmi přesné upínání, možnost nastavitelnosti velmi vysoká, deska stolu se neopotřebovává a rovina tím zůstává přesná.
- Nedochází k nákladům při upínání – pro upínání je třeba počáteční investice do úpravy pracovní desky a upínacích prvků. Na rozdíl od svarových stehů již nemá pozdější náklady na upínání kromě výměny opotřebovaných dílů.
- Kompatibilita – je možné dokoupit kompatibilní stavebnicové prvky.

Nevýhody mechanického upínání:

- Vyšší pořizovací náklady – pro pořízení je poměrně vysoká investice a složitější výroba desky stolu.
- Nezvyklost obsluhy – na stavebnicové upínání není obsluha svařovny zvyklá. Na počátku bude rychlost práce nižší než při použití stehů.
- Snížení pevnosti desky – otvory v desce sníží její pevnost, což při svařování poměrně těžkých rámu pro lokomotivy není příliš vhodné.

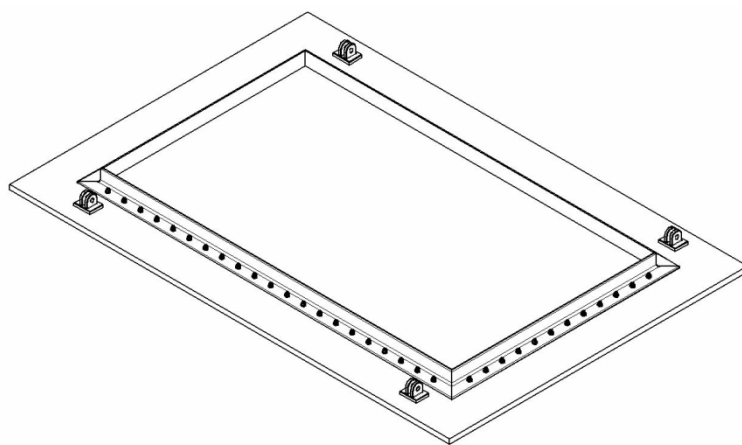
Pro diplomovou práci z důvodů jednoduchosti a zvážení variant **volím variantu A** – upínání pomocí svarových stehů, tak jak k ní docházelo do současnosti. Mechanické upínání je možné v případě úpravy desky a zakoupení mechanických upínacích prvků uvedených v této kapitole.

7 Konstrukce a vyztužení svařovací desky

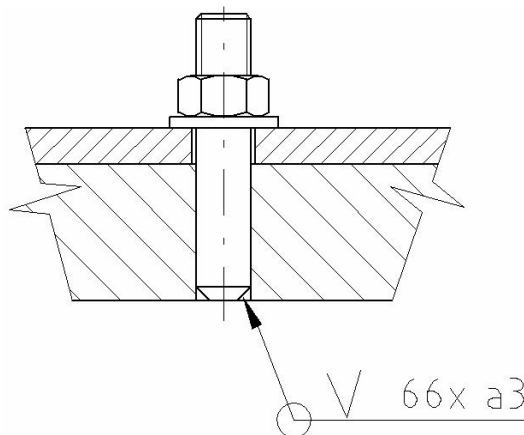
Svařovací deska je základní pracovní částí stolu. Je zatížena velkou vahou od svařovaných ráků a je namáhána pnutím, které vzniká v profilech při svařování. V současnosti je svařovací deska bez jakékoli výztuhy a tudíž dochází k deformacím při svařování, což snižuje přesnost výroby.

Výztuha vypracovaná v rámci diplomové práce je jednoduchý svařený rám z L profilů. Problémem při montáži na desku je, že když se dlouhý profil na desku navaří, tak při nesprávném navaření může desku zdeformovat. Jako řešení je navrženo vyvrtání přesných otvorů v desce dle přiložených výkresů a nalisování upevňovacích šroubů. Šrouby se po nalisování z pracovní strany desky přivaří a přesně zabrousí do roviny. Na upravenou desku se přimontují pomocí matic profily vyztuženého rámu a pak se jednotlivé díly svaří, čímž se eliminuje možná deformace od pnutí, pokud by se výztužný rám na desku přivařoval.

Výhodou je, že když by se v budoucnosti vařili rámy s vysokým pnutím při svařování, pak je snadné L profil zvětšit a tím pevnost celé desky ještě zvýšit. Dle testů MKP totiž vychází, že hlavní pevnost desky určuje právě výztuha.



Obr. 7.1 Model desky ze spodní strany ve 3D v programu Inventor



Obr. 7.2 Náčrt upínacího šroubu výztuhy desky

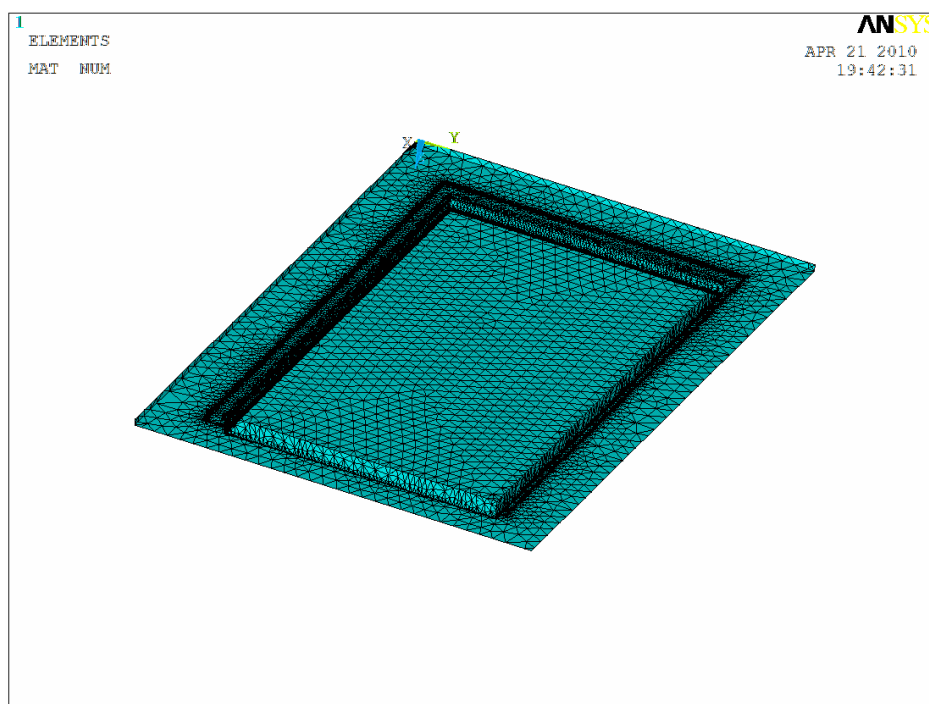
Test desky pomocí Metody konečných prvků

Test byl proveden na modelu v programu ANSYS. Zatížení desky bylo největším vyráběným rámem (hmotnost 660Kg) a dvěma osobami, tudíž maximálním zatížením 860Kg.

Z testů vyplývá, že deska s výztuhou je velice pevná. A hlavním prvkem při pevnosti je právě výztuha. Rozdělení desky na trojúhelníkové elementy je na obr. 7.3 a 7.4.



Obr. 7.3 Rozdělení desky na elementy – horní pohled



Obr. 7.4 Rozdělení desky na elementy – spodní pohled

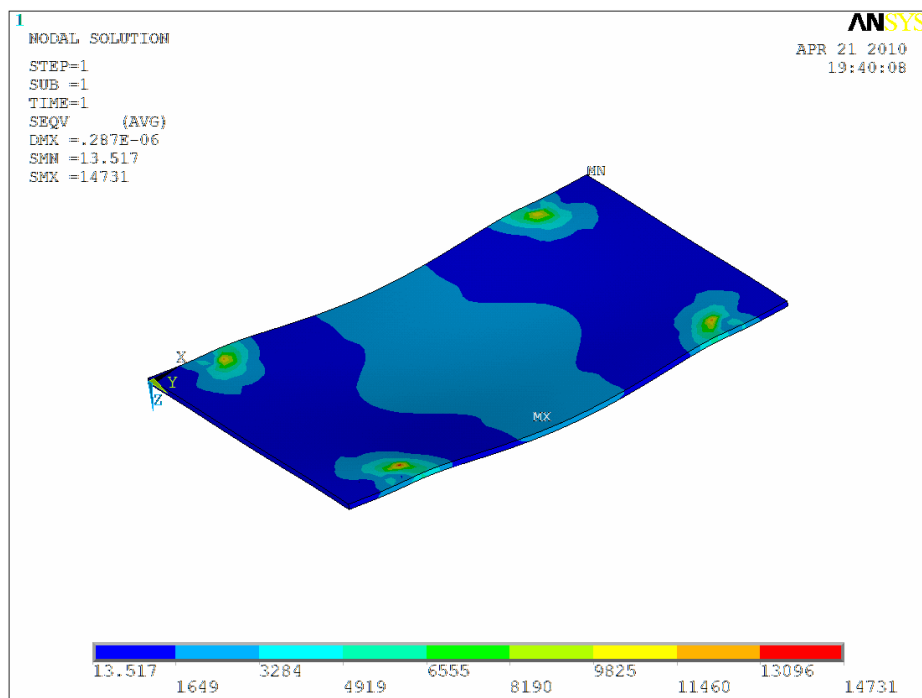
Zkratky a výsledné hodnoty:

SEQV – napětí Von Mises

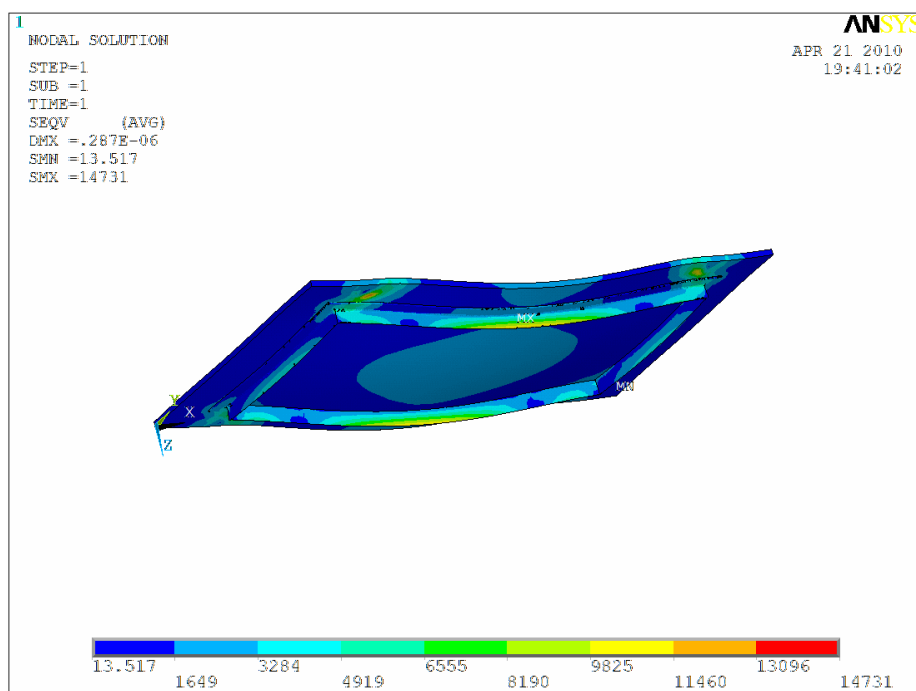
DMX – maximální deformace vychází na spodní hraně výztužného profilu
 $0,287 \cdot 10^{-6} [m] = 0,00287 [mm]$ - deska je tedy dobře vyztužena

SMX – maximální hodnota napětí je $14731 [Pa]$

SMN – minimální hodnota napětí je $13,517 [Pa]$



Obr. 7.5 Průběhy napětí – horní pohled



Obr. 7.6 Průběhy napětí – spodní pohled

8 Návrh pro odsávací zařízení

Při konzultaci s firmou bylo dohodnuto, že v rámci diplomové práce bude proveden průzkum trhu a navrženo možné odsávání výparů vznikajících při svařování. Dle testů je nejkvalitnější odsávání pomocí digestoře umístěné nad stolem, ale ta je pro zadané řešení nepříliš vhodná. Pro odsávání tedy je vhodnější rameno s odsávací hubicí.

Filtrační zařízení se dělí na základní dvě skupiny:

- a) **Mobilní filtrační zařízení** – výhodou mobilních zařízení je kompaktnost a možnost přenést i na místa mimo svařovací místo nebo halu. Je možné je přenést i na svařování na jiné pracoviště. Nevýhodou je vysoká cena filtrů a tím tedy vysoké provozní náklady a nižší výkon oproti centrálním odsáváním.



*Obr. 8.1 Mobilní odsávací a filtrační jednotka
Euromate MFD 435
[18]*

- b) **Centrální filtrační zařízení** – výhodou je vysoký výkon a nižší náklady na údržbu a výrazně vyšší životnost. Nevýhodou je nutnost zabudování odsávacího potrubí a centrálního filtračního zařízení.

Po zvážení provozu, výkonu a charakteristiky různých filtračních zařízení navrhuji centrální odsávací a filtrační zařízení a ramenem:

Euromate SCS + rameno odsávání Flex 4m



Obr. 8.2 Centrální odsávání
Euromate SCS
[18]



Obr. 8.3 Odsávací rameno s hubicí
Flex 4m
[18]

Jednotky Euromate SCS jsou speciálně navrženy pro odstraňování a filtrování škodlivých látek z dýmu vzniklého při svařování, řezání a broušení. Systém má vysokou trvanlivost filtru plně automatické čištění filtru.

Rameno s ventilátorem je nutné umístit na stěnu výrobní haly. Bude-li manipulační zařízení ve velké vzdálenosti od zdi, je možné jej nastavit prodlužovacím jeřábem NEC 2/4.

Tab. 8.1 Přehled cen komponentů odsávacího zařízení [18]

	Položka	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celková cena položky
1	Centrální odsávání Euromate SCS	253 990 Kč (bez DPH)	1 ks	302 250 Kč (s DPH)
2	Odsávací rameno Flex 4m	16 200 Kč (bez DPH)	1 ks	19 280 Kč (s DPH)
3	Ventilátor FAN 28	19 038 Kč (bez DPH)	1 ks	22 660 Kč (s DPH)
4	Montážní sada na zed' NMB	2236 Kč (bez DPH)	1 ks	2 660 Kč (s DPH)
Celková suma				346 850 Kč

9 Náklady a cena pořízení manipulačního zařízení

Pro určení zdali se vyplatí zařízení konstruovat a kusově vyrobit je nutné spočtení celkových nákladů na pořízení. Lze tím snadno porovnat výslednou cenu kusové výroby a zvážení, zdali by nebylo vhodnější zakoupení nějakého sériově vyráběného manipulačního svářečního stolu.

Tab. 9.1 Náklady součástí nezbytných pro základní model zařízení

	Položka	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celková cena položky
1	Sestava hydraulického agregátu s prvky (cenový návrh firmy Argo-Hytos)	60 000 Kč (bez DPH)	1 ks	71 400 Kč (s DPH)
2	Hydromotor ZH-PL1-36x1100-R-101-201	4560 Kč (bez DPH)	4 ks	21800 Kč (s DPH)
3	Spínač s klíčem NYBG53KK	426 Kč (bez DPH)	1 ks	507 Kč (s DPH)
4	Tlačítko NYGBA4342P	72 Kč (bez DPH)	1 ks	86 Kč (s DPH)
5	Spínač NYGBA3351	72 Kč (bez DPH)	6 ks	515 Kč (s DPH)
6	Spojovací části hydraulického obvodu (hadice, koncovky apod.)	10 000 Kč	-	15 000 Kč
7	Spojovací části elektrického obvodu (vodiče, box apod.)	5 000 Kč	-	5 000 Kč
8	Konstrukční materiál pro stavbu šachty (profily, šrouby, čepy apod.)	10 000 Kč	-	20 000 Kč
Celková suma				134 310 Kč

V tabulce 9.1 jsou uvedeny nutné základní součásti ke stavbě navrhovaného zařízení vyjma pracovní desky stolu. Jako další vybavení je možné jiný druh ovládacího obvodu, k tomu je třeba zakoupení ochranného usměrňovacího transformátoru, který je v tabulce 9.2.

Tab. 9.2 Přehled cen ochranných usměrňovacích transformátorů [17]

	Položka	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celková cena položky
1	Transformátor 230V/12V TVTRB -160 – typ M	1447 Kč (bez DPH)	1 ks	1722 Kč (s DPH)
2	Transformátor 230V/24V TVTRB -160 – typ N	1419 Kč (bez DPH)	1 ks	1690 Kč (s DPH)

V tabulce 9.3 jsou uvedené ceny stavebnicových prvků potřebných pro stavebnicové montáže na pracovní desku stolu.

Tab. 9.3 Přehled cen stavebnicových upínacích prvků [19]

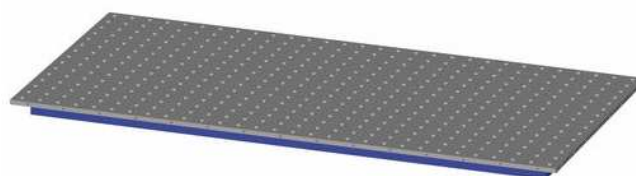
	Položka	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celková cena položky
1	Soubor stavebnicových upínacích prvků č. 4 (28 mm)	4984 Euro (~125 tis. Kč)	1 ks	150 000 Kč (s DPH)

Porovnání se sériově vyráběným svařovacím zařízením

Z analýzy ceny vyplývá, že cena jednotlivých prvků je poměrně vysoká. Na místě je tedy zvaženo, zdali by nebylo finančně prakticky výhodnější zvolit sériově vyráběný svařovací stůl. Pro parametry vyhovující zadání, ale bez možnosti náklonu na stranu, by vyhovoval stůl č. 280085 se zvedacím zařízením od firmy Bernd Siegmund GmbH. Celková cena bez upínacích prvků by byla **10200 Euro (~ 255 tis. Kč)**. Se sadou upínacích prvků by to bylo **405 tis. Kč**. Výhodou je mnohem menší pracnost při konstrukci a jednoduchá záruka na celé zařízení.



Obr. 9.1 Zvedací zařízení stolu 280085 (cena 6464 Euro)
[19]



Obr. 9.2 Deska standard (cena 3727 Euro)
[19]

10 Bezpečnostní podmínky pro provoz a práci s manipulačním zařízením

Manipulační zařízení konstrukce navrhované v diplomové práci může při neopatrné a nesprávné manipulaci nebezpečně zranit. Pro bezpečné používání je třeba dbát opatrnosti a dodržovat bezpečnostní předpisy a provozní podmínky.

- 1) Práci s manipulačním zařízením může provádět pouze proškolený pracovník.
- 2) Při práci nesmí docházet k nepřiměřeným technickým zásahům a úpravám na zařízení.
- 3) Pokud zařízení není v provozu, pak musí být poloha pracovní desky v rovině podlahy, tj. olej v hydraulických přímočarých motorech musí být vypuštěn do nádrže.
- 4) Ovládací panel musí být osazen bezpečnostním klíčem a bezpečnostním vypínačem.
- 5) Pro manipulaci se stolem musí být v ovladači použity spínače, tj. při pohybu stolu musí být mechanicky stlačen ovládací prvek a obsluha se tedy musí nacházet u ovládacího panelu, je tím zamezeno úrazu v případě závady na zařízení při pohybu.
- 6) V případě nutnosti údržby nebo mechanického zásahu na zařízení v šachtě musí být pracovní deska jištěna pomocí lana či řetězu mostovým jeřábem umístěným ve výrobní hale.
- 7) Při jakékoli poruše nebo poškození musí provádět opravy a údržbu pouze proškolený pracovník údržby.
- 8) Zřízení nesmí být přetěžováno nad rámec povolených maximálních hodnot zatížení uvedených v diplomové práci.

11 Závěr a zhodnocení

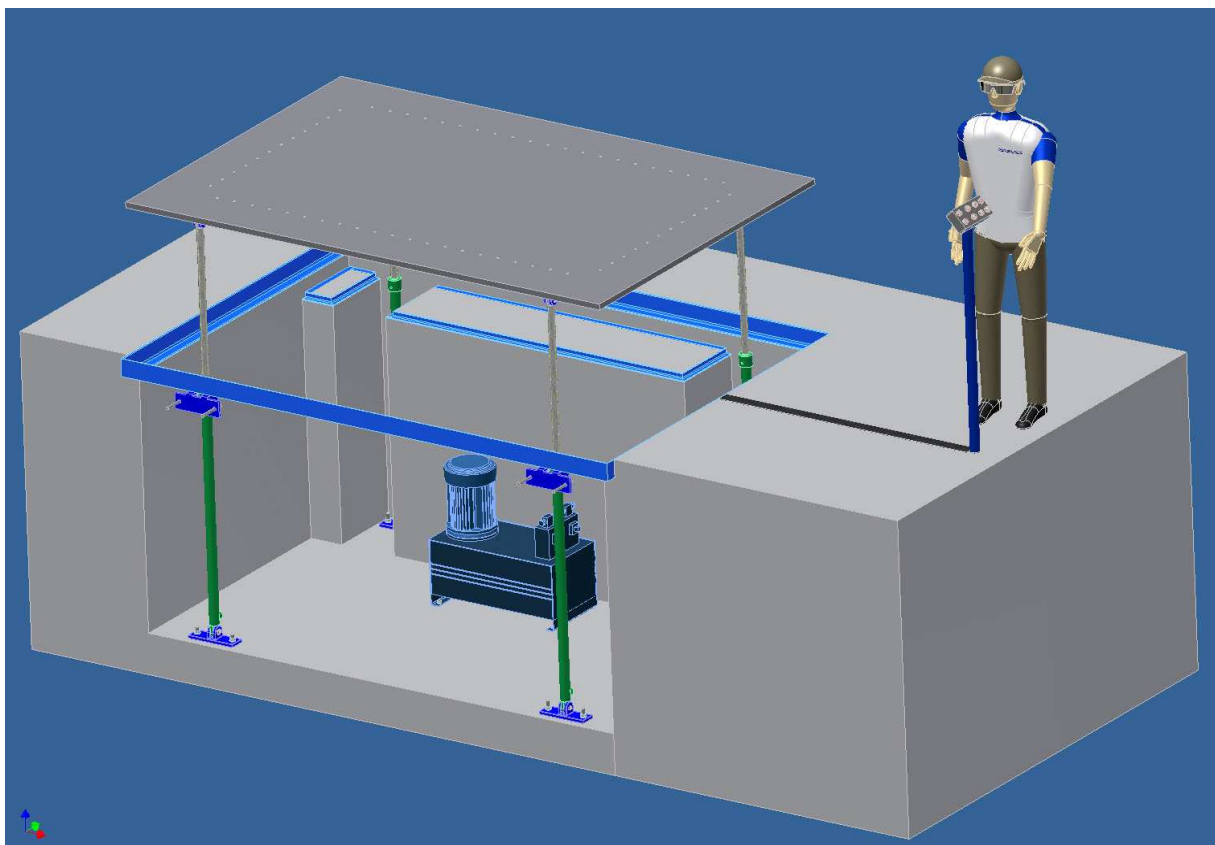
Dle zadaného tématu diplomové práce bylo navrženo manipulační zařízení, které splňuje všechny požadavky firmy. Díky možnosti manipulace se svařovanými rámy je výrazně zjednodušena práce při jejich svařování a je tím i odstraněna nutnost svařování nad hlavou dle ČSN EN ISO 3834. Zařízení splňuje požadavek vysokého zatížení i největším vyráběným rámem s vysokou bezpečností.

Firma při realizaci rozhodne o jedné ze dvou navrhovaných variant typu upínání na pracovní desku. V případě upínání pomocí svarových stehů, tedy tak jak je to v současnosti, bych doporučil volit zařízení navržené diplomovou prací. Druhou nabízenou variantou je upínání pomocí mechanických upínek a stavebnicových čepů. Při tomto druhu upínání bych raději doporučil svařovací stůl sériově vyráběný s již upravenou pracovní deskou pro tento druh upínání. Úprava svařovacího stolu na stavebnicové upínání by byla poměrně nákladná a pracná. Pracnost a nákladnost takovéto úpravy by byla neúměrná oproti zakoupení sériově vyráběnému zařízení.

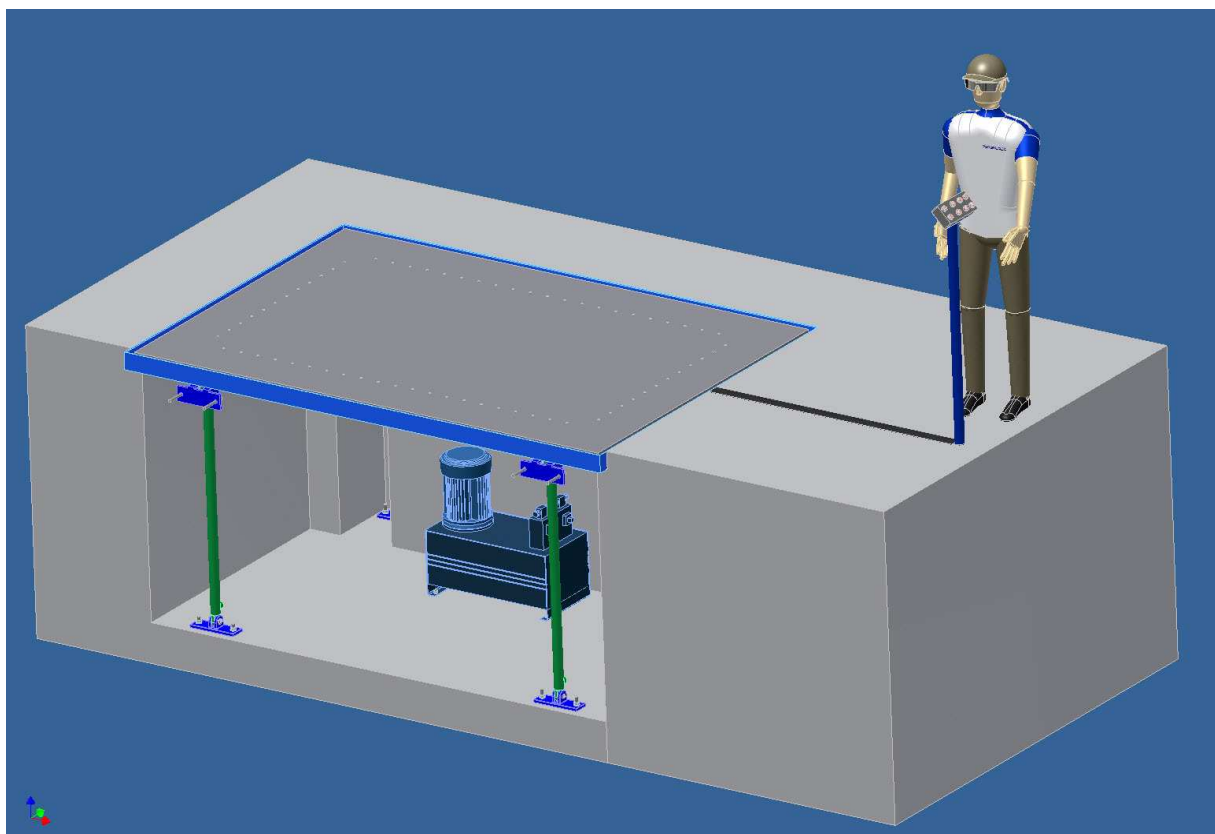
Diplomová práce navrhuje i centrální odsávání dílny, které bylo též požadavkem firmy pro vypracování práce.

Tab. 11.1 Technické parametry navrhovaného zařízení

Technické parametry navrhovaného zařízení	
Nosnost (při $k_{bz}=1,5$)	1500 kg
Typ zdvihu	hydraulický
Zdvih	0-1100mm
Doba zdvihu celého zařízení	33s
Typ ovládání	elektromagnetické
Ovládací napětí	230V (24V,12V)
Upínání	mechanické / pomocí svarových stehů
Orientační cena	Cena základu bez pracovní desky 135 000 Kč



Obr. 11.1 3D model zvednutého zařízení v programu Inventor



Obr. 11.2 3D model spuštěného zařízení v programu Inventor

Seznam použité literatury

- [1] Kaláb K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. Skriptum VŠB-TU Ostrava. Ostrava 2007. ISBN 978-80-248-1290-8
- [2] Řasa J., Švercl J. *Strojnické tabulky I*. Scientia, Praha, 2004, ISBN 80-7183-312-6
- [3] Leinveber J., Vávra P. *Strojnické tabulky: Druhé doplněné vydání*. Albra, Úvaly, 2005, ISBN 80-7361-011-6
- [4] Drastík F. a kolektiv. *Strojnické tabulky pro konstrukci a dílnu*. Montanex, Ostrava, 1999, ISBN 80-85780-95-X
- [5] Havlík J., Szlachta T. *Základy strojnictví I*. Skriptum VŠB-TU Ostrava. Ostrava 2003. ISBN 80-248-0477-8
- [6] Pavlok B., Hružík L., Bova M. *Hydraulická zařízení strojů*. Učební text VŠB-TU Ostrava. Ostrava 2007, 116 s. Dostupný na WWW: < <http://www.338.vsb.cz/PDF/hydraulicka-zarizeni-stroju.pdf> >.
- [7] Havlík J., Moravec V. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Skriptum VŠB-TU Ostrava. Ostrava 2008. ISBN 978-80-248-0878-9
- [8] Dejl Z. *Konstrukce strojů a zařízení I: Spojovací části strojů*. Skriptum VŠB-TU Ostrava. Ostrava 2000. ISBN 80-7225-018-3
- [9] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura* Praha: Český normalizační Institut, 1996. 196 s.
- [10] Hydraulics, s.r.o.: *Výrobní katalog přímočarých motorů*. Dostupný na WWW: < http://www.hydraulics.cz/Vyrobní_katalog_primocarych_hydromotoru.pdf > [vyhledáno 24. 4. 2010].
- [11] Argo-Hytos, s.r.o.: *Stavebnice hydraulických agregátů řady SA4*. Dostupný na WWW: < <http://argo.bitux.de/cz/hytos/cz/pdf/hc7100.pdf> > [vyhledáno 24. 4. 2010].
- [12] Argo-Hytos, s.r.o.: *Elektromagneticky ovládané rozvaděče RPE3-06*. Dostupný na WWW: < <http://argo.bitux.de/cz/hytos/cz/pdf/hc4010.pdf> > [vyhledáno 24. 4. 2010].
- [13] Argo-Hytos, s.r.o.: *Jehlový škrťací ventil VSO1-04/R*. Dostupný na WWW: < <http://argo.bitux.de/cz/hytos/cz/pdf/hc4010.pdf> > [vyhledáno 24. 4. 2010].

- [14] Argo-Hytos, s.r.o.: *Přímořízené přepouštěcí ventily VPP2-06*. Dostupný na WWW:
< <http://argo.bitux.de/cz/hytos/cz/pdf/hc5062.pdf> > [vyhledáno 24. 4. 2010].
- [15] Argo-Hytos, s.r.o.: *Elektromagneticky ovládané sedlové rozvaděče ROE3*. Dostupný
na WWW: < <http://www.argo-hytos.de/cz/hytos/cz/pdf/hc4022.pdf> >
[vyhledáno 24. 4. 2010].
- [16] Argo-Hytos, s.r.o.: *Dvoucestné škrtící ventily VSS2-206*. Dostupný na WWW:
< <http://argo.bitux.de/cz/hytos/cz/pdf/hc5041.pdf> > [vyhledáno 24. 4. 2010].
- [17] Tracon electric, s.r.o.: *Průmyslové automatizační prvky*. Dostupný na WWW:
<http://cz.traconelectric.com/termekek/10000080/prumyslove_automatizacni_prvky/10000083/tlacitka_spinace_kontrolky_ovladace/> [vyhledáno 24. 4. 2010].
- [18] JVB Engineering, s.r.o.: *Průmyslová filtrační technika*. Dostupný na WWW:
< <http://www.euromate.cz/cs/content/showPage/prumyslova-filtrace-26> >
[vyhledáno 24. 4. 2010].
- [19] Bernd Siegmund, s.r.o.: *Svařovací stoly*. Dostupný na WWW:
< <http://www.siegmund-group.com/cs/Produkty/Svarovaci-stoly/Svarovaci-stoly-28mm,101.php> > [vyhledáno 24. 4. 2010].
- [20] CZLOKO, a.s.: Podkladové materiály.

Seznam příloh

A.	Výkres A0:	SVAŘOVACÍ STŮL	MM-00-00
B.	Výkres A1:	ÚCHYT DOLNÍ	MM-00-03
C.	Výkres A2:	ÚCHYT BOČNÍ	MM-00-04
D.	Výkres A0:	ŠACHTA STOLU	MM-01-00
E.	Výkres A2:	RÁM VELKÝ	MM-01-01
F.	Výkres A3:	RÁM STŘEDNÍ	MM-01-02
G.	Výkres A4:	RÁM MALÝ PRAVÝ	MM-01-03
H.	Výkres A4:	RÁM MALÝ LEVÝ	MM-01-04
I.	Výkres A2:	DESKA STOLU	MM-02-00
J.	Výkres A3:	DESKA	MM-02-01
K.	Výkres A4:	ŠROUB DESKY	MM-02-02
L.	Výkres A4:	VÝZTUHA DLOUHÁ	MM-02-03
M.	Výkres A4:	VÝZTUHA KRÁTKÁ	MM-02-04
N.	Výkres A3:	ÚCHYT HORNÍ	MM-02-05
O.	CD s digitální verzí práce, 3D modelem a použitými katalogy.		